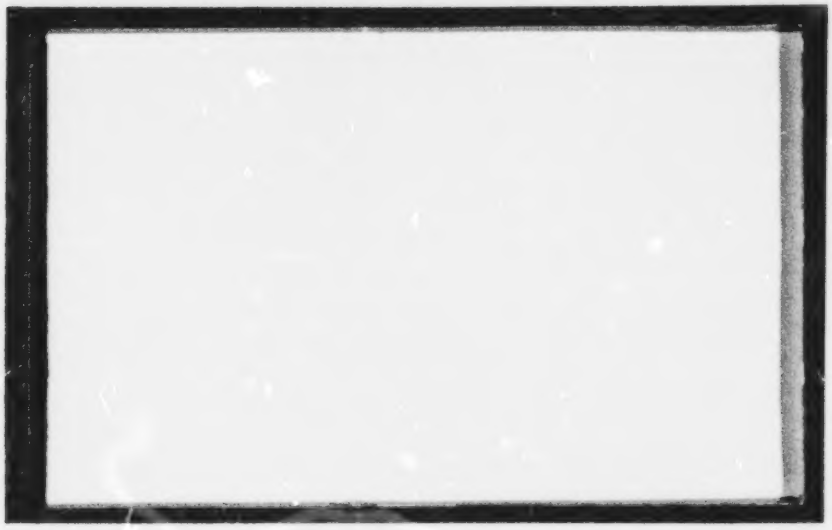
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL



CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

TRANSCOL:
UN SYSTEME DE TRANSPORT SCOLAIRE INTEGRE
Un rapport d'étape

par

Luc Chapleau, Jacques Desrosiers
Jacques Ferland, Guy Lapalme
et Jean-Marc Rousseau

Ce travail a été réalisé grâce à un contrat du Ministère des Transports du Québec.

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication # 156
Département d'informatique et de recherche opérationnelle - Publication # 355

Février 1980

Dépôt légal - 1er trimestre 1980

INTRODUCTION

L'augmentation de la population à transporter ainsi qu'une scolarisation prolongée ont eu pour conséquences d'appesantir le fardeau financier rattaché au transport scolaire et d'en rendre plus complexe l'organisation.

Les deux principaux problèmes auxquels fait face le régisseur du transport scolaire sont la confection des parcours d'autobus et celle des horaires de chaque autobus. Présentement, chaque commission scolaire produit manuellement les parcours et les horaires, en utilisant des cartes routières de leur région et les fichiers de renseignements scolaires disponibles au ministère de l'Education. Cette procédure est très longue et de plus, la qualité du service offert varie beaucoup suivant l'expérience du régisseur de transport et de son équipe.

De plus, les administrateurs scolaires aimeraient souvent évaluer l'impact de divers changements sur la qualité des opérations actuelles. Ainsi, il serait intéressant d'examiner les effets d'augmenter le nombre d'autobus, d'ouvrir ou de fermer des écoles, de modifier la distance maximale de marche des écoliers, ou encore de modifier les horaires d'écoles.

Le projet TRANSCOL développé au Centre de recherche sur les transports de l'Université de Montréal vise à produire un outil efficace d'organisation et d'évaluation de diverses politiques de transport scolaire.

Afin de contourner la difficulté que présente la complexité du problème, ce dernier a été morcelé en cinq modules principaux:

LOCALISATION

AFFECTATION DES ECOLIERS AUX ARRETS

GENERATION DES PARCOURS D'AUTOBUS

DETERMINATION DES HORAIRES D'ECOLES

CONFECTION DES HORAIRES D'AUTOBUS

LOCALISATION

Ce module fournit les données de base pour situer les écoliers dans un cadre traitable par ordinateur. Afin de permettre la construction de parcours réalistes, il importe d'avoir une image du réseau routier de la région étudiée. Le Centre de recherche en aménagement régional de l'Université de Sherbrooke et le ministère de l'Education du Québec ont déjà mis au point une structure de fichiers codifiant dans un cadre commun les adresses des écoliers, celles des écoles et des points de transfert et les caractéristiques du réseau routier. Ces fichiers servent de données de base au système.

Pour chaque écolier, les données suivantes sont nécessaires: son adresse codifiée (code de municipalité, rue, segment), son école et son droit au transport; ceci permet de connaître les points de départ et d'arrivée de chacun. Les modules suivants affectent les écoliers aux différents circuits d'autobus de façon

à ce qu'ils puissent arriver à temps pour leurs cours.

AFFECTATION DES ECOLIERS AUX ARRETS

En milieu urbain, les écoliers admissibles au transport scolaire sont d'abord placés aux intersections du réseau pour être ensuite affectés aux arrêts. Pour chaque école (ou groupe d'écoles), le régisseur peut fournir les arrêts où les écoliers doivent se rendre. S'il ne le fait pas, le système les déterminera à l'aide d'une technique d'analyse de densité de population pour en minimiser le nombre total en respectant une contrainte de distance de marche maximum pour chacun des écoliers.

Si le régisseur n'est pas entièrement satisfait des arrêts retenus par le système, il peut en spécifier certains et le système détermine les arrêts pour les écoliers ne pouvant s'y rendre en respectant la distance de marche maximum. Il est également possible pour le régisseur de spécifier un certain nombre d'arrêts potentiels et un nombre maximum de personnes à chacun d'eux; le système ne choisit que parmi ceux-ci et voit à ne pas y affecter trop d'écoliers. Cette technique donne des résultats qui sont habituellement assez près des résultats manuels car un régisseur a tendance à situer les arrêts au milieu des zones les plus densément peuplées.

En milieu rural, les écoliers sont pris et reconduits à leur

domicile respectif à cause de la faible densité et de l'inexistence de trottoirs pour assurer leur sécurité.

GENERATION DES PARCOURS D'AUTOBUS

Le contexte de ramassage des écoliers en milieu urbain étant fondamentalement différent que celui en milieu rural, les techniques employées sont distinctes. Analysons d'abord la situation en milieu urbain.

Pour chaque école (ou groupe d'écoles) les arrêts et le nombre d'écoliers s'y trouvant sont disponibles. Il s'agit d'engendrer un nombre minimum de parcours passant par ces arrêts, ramassant tous les écoliers et respectant des contraintes de capacités d'autobus, de nombre maximum d'arrêts et de longueur maximum. Le système offre la possibilité d'utiliser trois techniques qui, lors de tests préliminaires [DULA78b], se sont révélées les plus prometteuses. Une brève description est présentée en appendice.

En milieu rural, toutes les sections de rues où habitent des écoliers doivent être parcourues et non plus seulement quelques points qui représenteraient les arrêts. Les adaptations des techniques connues à ce problème se sont révélées beaucoup plus ardues qu'on ne l'avait escompté au départ, mais il semble que la technique décrite en appendice donne de bons résultats.

Le système tient compte du fait que certains écoliers doivent passer par un point de transfert pour changer d'autobus. Ils y

sont d'abord concentrés pour être ensuite réaffectés automatiquement à d'autres parcours et finalement se rendre à leur école respective.

DETERMINATION DES HORAIRES D'ECOLES

Ce module constitue une innovation dans l'organisation d'un système de transport scolaire intégré. Avant d'entreprendre ce module, les parcours ont été construits; ils sont déterminés par une suite d'arrêts ou de sections de rues qu'un autobus doit parcourir, et où il y a un nombre d'écoliers à ramasser ou à déposer. Vu l'importance du coût de location d'un autobus scolaire (environ $20 000 par année), il faut concevoir une organisation rationnelle et intelligente du transport scolaire basée fondamentalement sur la réutilisation des autobus. Pour y arriver, il faut mettre à profit la flexibilité que nous retrouvons au niveau des heures de départ et d'arrivée des autobus, au niveau des horaires d'écoles et au niveau de la durée totale du transport.

Une limite est imposée sur le temps d'attente des écoliers avant le début des cours le matin et après la fin des cours l'après-midi. Les autobus doivent arriver aux écoles au plus tôt 30 minutes avant le début des cours et au plus tard 10 minutes. Les mêmes contraintes s'appliquent à la sortie de l'après-midi. De plus, pour les parcours d'une durée supérieure à 30 minutes, cette flexibilité est graduellement réduite pour assurer une

meilleure qualité du service (par exemple, un parcours de 50 minutes arrive automatiquement 10 minutes avant le début des cours le matin).

Les horaires d'écoles sont déterminés par l'heure du début des cours le matin, la durée totale des cours du matin, la durée de la période du dîner et finalement la durée totale des cours de l'après-midi. La flexibilité sur les horaires d'écoles dépend donc de celle sur l'heure du début des cours le matin et de celle sur la durée de la période du dîner. Par exemple, pour une école, l'heure de début des cours le matin se situe à l'intérieur de l'intervalle 8:00 - 9:00 et la durée de la période du dîner dure entre 50 et 90 minutes. Cette flexibilité au niveau de la période du dîner facilite l'organisation du transport scolaire de l'après-midi.

Finalement, pour chaque école le régisseur doit indiquer l'intervalle de temps au cours duquel le transport de ses écoliers est permis. Par exemple, le transport ne peut commencer avant 7:30 et doit se terminer pour 16:30.

Pour chaque école les trois renseignements suivants sont donc nécessaires: l'intervalle admissible pour le début des cours le matin, les durées minimale et maximale de la période du dîner et finalement, l'intervalle durant lequel s'effectue tout le transport scolaire.

Le transport du midi n'est pas inclus dans le modèle puisqu'il

n'affecte qu'une partie des écoliers ayant droit au transport. Les autobus assurant le transport du matin et du soir devraient suffire au transport de la période du midi. Une brève description de la méthode utilisée est présentée en appendice.

CONFECTION DES HORAIRES D'AUTOBUS

Ce dernier module organise un horaire pour chaque autobus, c'est-à-dire qu'il détermine la suite des parcours qu'effectue un autobus le matin et l'après-midi ainsi que les heures de départ et d'arrivée de chacun des parcours. Ces heures de départ et d'arrivée des autobus respectent les contraintes imposées sur le temps d'attente des écoliers avant le début des cours le matin et sur celui après la fin des cours l'après-midi.

Il faut noter que le module du choix des horaires d'écoles n'est pas essentiel dans l'organisation du transport scolaire. En effet, immédiatement après la génération des parcours d'autobus, nous pouvons procéder à la confection des horaires d'autobus, en supposant que les écoles ont des horaires fixes. Par contre, des résultats numériques préliminaires semblent indiquer que les horaires flexibles favorisent non seulement une meilleure réutilisation des autobus mais améliorent également la qualité du service aux écoliers (même après une réduction du nombre d'autobus). L'appendice présente quelques détails sur l'algorithme employé ici.

CONCLUSION

Nous avons décrit sommairement les différents modules du projet TRANSCOL. L'outil informatique que nous avons développé est adapté au contexte québécois; en plus d'aider à la confection des horaires en début d'année scolaire, il permet d'évaluer plus rapidement et plus précisément les effets de certaines mesures administratives: par exemple, fermeture d'écoles, rayons de ramassage différents, horaires variables, nouvelles clauses contractuelles, etc. En permettant d'obtenir rapidement une bonne évaluation des coûts impliqués tout en tenant compte de l'agencement global, les administrateurs obtiennent un meilleur estimé des conséquences de leurs décisions.

Grâce à une subvention du ministère provincial du Transport, nous avons réalisé dans les derniers mois un test complet de ce système sur les données mises à notre disposition par la Commission scolaire régionale Saint-Francois à Drummondville. Ceci constitue la seconde partie de ce rapport.

REFERENCES

[CHAP79] CHAPLEAU, L. "Le logiciel TRANSCOL: les horaires d'écoles et les circuits d'autobus". Mémoire de maîtrise, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 1979.

[DESR79] DESROSIERS, J. "Le transport scolaire: les horaires d'écoles et les circuits d'autobus". Thèse de doctorat, Département de mathématiques et de statistique, Université de Montréal, 1979.

[DULA78a] DULAC, G. "Affectation des étudiants aux arrêts d'un système de transport des écoliers". Mémoire de maîtrise, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 1978.

[DULA78b] DULAC,G., FERLAND,J.A., FORGUES,P.A. "School Bus Routes Generator in Urban Surrounding". Publication #298, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 1978. (A paraître dans "Computers and Operations Research")

[FORG78] FORGUES, P.A. "Génération des parcours pour le transport scolaire". Mémoire de maîtrise, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 1978.

[TAWA79] Tawagui,N. "Génération de parcours pour le transport scolaire en milieu rural". Mémoire de maîtrise, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 1979.

EXEMPLE D'ESSAI A GRANDE ECHELLE

Pour montrer les possibilités d'applications du système sur une grande échelle, nous avons engendré et agencé des parcours à la grandeur d'une commission scolaire.

Nous avions à notre disposition les données de la Commission scolaire régionale Saint-François pour l'année 1977-1978; le réseau compte 2547 segments et 1839 noeuds. Un segment est une section de rue dont on a déjà calculé la longueur; c'est la plus petite unité de localisation des élèves que nous considérons. Seuls les noeuds qui sont aux extrémités d'un segment sont conservés; il faut remarquer qu'un noeud peut être à l'extrémité de plusieurs segments, par exemple à un carrefour. Il y a 9528 écoliers transportés (6487 en milieu rural et 3041 en milieu urbain), (5559 au niveau secondaire et 3969 au primaire). Ces chiffres ne sont donnés qu'à titre d'exemple et ne représentent pas des bornes absolues sur la capacité des programmes utilisés; ces derniers sont paramétrisés pour faciliter le traitement de problèmes de tailles différentes.

Nous allons donc reprendre un à un les cinq modules exposés dans la section précédente: nous décrivons les différentes données requises en entrée et nous illustrons les sorties obtenues. Etant donné la masse des rapports de sortie, nous n'en montrons que quelques pages typiques.

1-LOCALISATION

Ce module utilise le fichier du réseau tel que défini par le C.R.A.R. de l'Université de Sherbrooke et le fichier étudiant qui sert au dossier scolaire. Nous devons également disposer d'une liste des écoles avec leur numéro, leur nom, leur code de noeud et une indication du niveau (secondaire, primaire).

Voir l'exhibit 1.1

Ceci permet au système de déterminer la position de chaque école dans le réseau. Les rapports de sortie obtenus permettent de vérifier les données d'entrée et de connaître les populations étudiantes dans chaque catégorie.

Voir l'exhibit 1.2

exhibit 1.1

```
001N-DAME-STE-CHRISTINE045100438 1
002CENTR. STE-J. D'ARC 041164510 1
004N.DAME (DURHAM-SUD) 045740962 1
006SACRE-COEUR          30[illegible]9385 1
007ST-ANDRE             302514266 1
008ROGER-LABRECQUE      305771189 1
009ST-JEAN DE NICKHAM   016459005 1
010CENTR.ST-THEODORE    019048074 1
011CENTR. ST-BONAVENTURA006980279 1
013CENTR. ST-GUILLAUME 010346338 1
014N-D-L'ASS. ST-CYRILL109283772 1
016CENTR. N-D.BON CONSE029548814 1
017R.SALOIS ST-GERMAIN 015815832 1
018CENTR.(ST-MAJORIQUE)011760925 1
019CENTR.(ST-FELIX KINS038793500 1
020ST-PIERRE-DE-L'AVENI037914122 1
022C.BRASSARD ST-CYRILL109383772 1
028N-D.NOUVELLE ST-LUCI034248331 1
030ST-NICEPHORE          037036828 1
031CENTRALE (ST-EUGENE)014899456 1
033STE-MARIE            174546380 1
034ST-LOUIS DE GONZAGUE164219101 1
035PIE X                164050231 1
036STE-THERESE          165734128 1
037ST-FREDERIC          165298462 2
040NOTRE-DAME DU ROSAIR184454958 1
041N-D DE L'ASSOMPTION 185729743 2
044JEAN-RAIMBAULT       163913050 2
046MAYRAND              165540570 2
047JEANNE-MANCE         165688755 2
051ST-PIERRE            163536621 1
052DUVERNAY             186037695 1
053IMMACULEE-CONCEPTION153851892 1
054BRUYERE (ST-CHARLES)146785800 1
055CHABANEL             175820190 1
056CHRIST-ROI           186999350 1
057ST-JOSEPH            165065003 1
060ST-GEORGES           174985778 2
061FREDERIC-TETREAU     153760408 1
062ST-SIMON             185581549 1
063ST-ETIENNE           197632784 1
064NOTRE-DAME DES ECOLE184705298 1
066J.ADOLES ST-GERMAIN 015902957 1
070MARIE DE LA PRESENT 143807674 2
071PAUL-ROUSSEAU        163702207 2
072LA POUDRIERE         185948457 2
074ROBERT-OUIMET        302303766 2
800CENTR. ST-PIE-GUIRE 006449670 1
901CEGEP BOURCHEMIN     165202533 2
902COL ST-BERNARD       165688755 2
903DR'VILLE ELEM SCHOOL165503302 1
904ELLIS BUSINESS COLL 165254799 2
905JUV.ST-LOUIS MARIE   010311294 2
906PENSIONNAT DE DR'VIL164679699 2
```

	ETUDIANTS TRANSPORTES		POPULATION TOTALE	
VILLE PRIMAIRE ACTONVILLE	57		463	
VILLE PRIMAIRE DRUMMONDVILLE	815		3760	
VILLE SECONDAIRE DRUMMONDVILLE	2169		3076	
ALGORITHME DE VILLE		3041		7299
CAMPAGNE PRIMAIRE	3097		3989	
CAMPAGNE SECONDAIRE	569		741	
AUTOBUS VERS TRANSFERTS	2450		2454	
MARCHE VERS TRANSFERTS	371		371	
ALGORITHME DE CAMPAGNE		6487		7555
FICHES DE TRANSPORT REJETEES				51
AUTRES FICHES REJETEES				503
TOTAUX		9528		15408

15408 FICHES LUES

2348 FICHE(S) D'ETUDIANT DONT LE CODE RUE-SEG A ETE MODIFIE

exhibit 1.2

2-AFFECTATION DES ECOLIERS AUX ARRETS

En milieu urbain, les parcours sont déterminés individuellement pour chaque école ou groupe d'écoles. Pour chacun de ces groupes, le régisseur doit spécifier les écoles qui le composent, les arrêts potentiels (optionnel), la distance maximum de marche pour chacun des écoliers, un noeud de destination s'il est différent de celui de l'école et un nombre maximum d'élèves par arrêt.

Un premier rapport de sortie présente une liste des écoliers choisis avec leur destination. La première colonne donne l'école où ils se dirigent; les suivantes donnent leur adresse en terme de code de municipalité-rue-segment, leur nom, leur prénom et leur code permanent. La liste est triée sur ce dernier champ.

Voir l'exhibit 2.1

Pour chacune des intersections (miniarrêt), le système présente une liste des écoliers qui y attendent avec leur destination.

Voir l'exhibit 2.2

Une fois que les arrêts sont déterminés (ou spécifiés par le régisseur), un rapport de sortie spécifie pour chaque arrêt les intersections qui lui sont affectés ainsi que les écoliers s'y retrouvant.

Voir l'exhibit 2.3

--LISTE DES ETUDIANTS ELIGIBLES AU TRANSPORT URBAIN -

BATISSE	MUN.	RUE	SEG.	NOM	PRENOM	CODE PERMANENT
40	4132	4461	5	AGER	KAROLYN	AGEK06585609
40	4132	4461	5	AGER	PATRICK	AGEP17047109
40	4135	1315	65	ALDER	BERNARD	ALDB30107108
61	4135	1031	10	ALLARD	ANNIE	ALLA08617106
36	4135	1205	5	ALLY	ERIC	ALLE26086908
53	4135	1047	12	ALLARD	LYNE	ALLL29556704
33	4132	4404	120	ALLARD	MICHEL	ALLM26046600
56	4135	1418	10	ALLARD	PASCAL	ALLP06067202
34	4135	1167	80	ALLARD	PASCAL	ALLP29076600
61	4135	1202	5	ALLARD	STEPHANE	ALLS13117103
61	4135	1031	15	ALLARD	STEVE	ALLS19047203
40	4135	1605	5	ALTHOT	ALAIN	ALTA28096609
40	4135	1605	5	ALTHOT	NANCY	ALTN07626901
40	4135	1358	5	ARAGO	ERIC	ARAE11066607
63	4135	1502	15	ARGUIN	CHRISTIAN	ARGC02107107
35	4135	1119	15	ASSELIN	ERIC	ASSE10037002
6	4011	2080	20	ASSELIN	NATHALIE	ASSN15547204
35	4135	1119	15	ASSELIN	PATRICK	ASSP04117102
36	4135	1224	55	AUBE	MARIO	AUBM09107108
35	4135	1037	90	AUDY	GUYLAINE	AUDG16526702
35	4135	1126	10	AUDET	MARIE-JOSEE	AUDM13536904
33	4135	1602	5	AUDET	NATHALIE	AUDN16536700
33	4135	1335	5	BAILLARGEON	CARLO	BAIC20087209
63	4135	1409	15	BAILLARGEON	LISE	BAIL18596804
63	4135	1409	15	BAILLARGEON	STEEVE	BAIS31057204
40	4135	1344	35	BALLEUX	MARTIN	BALM06037205
33	4135	1133	60	BANVILLE	CHANTALE	BANC23596800
35	4135	1130	10	BARIL	JEAN-FRANCOIS	BARJ26017101
35	4135	1119	15	BEAULIEU	ALINE	BEAA20536813
35	4135	1110	5	BEAULIEU	CLAUDE	BEAC09066703
62	4135	1346	20	BEAULAC	CAROLINE	BEAC20517200
53	4135	1059	10	BEAUCHEMIN	CHRISTIAN	BEAC24016703
35	4135	1108	5	BEAUREGARD	CHANTAL	BEAC29547001
35	4135	1128	15	BEAUDOIN	DANIEL	BEAD03077102
40	4132	4460	55	BEAUPRE	ERIC	BEAE05067200
53	4135	1059	10	BEAUCHEMIN	ERIC	BEAE13116808
7	4011	2002	20	BEAUREGARD	FRANCOIS	BEAF24027202
35	4135	1119	15	BEAULIEU	FRANCOIS	BEAF31016705
53	4135	1059	10	BEAUCHEMIN	ISABELLE	BEAI24517007
35	4135	1302	5	BEAULIEU	JULIE	BEAJ25597204
7	4011	2007	25	BEAUDOIN	MARTIN	BEAM05047213
57	4135	1306	40	BEAUDOIN	MANON	BEAM15597209
35	4135	1128	15	BEAUDOIN	MARC	BEAM17036909
62	4135	1347	10	BEAULIEU	NANCY	BEAN25547202
7	4011	2081	5	BEAUCHEMIN	STEVE	BEAS09117109
53	4135	1001	65	BEAULIEU	STEPHANE	BEAS15077206
51	4135	1135	10	BEAUDOIN	STEPHANE	BEAS20057202
56	4135	1420	5	BEAUPRE	STEVEN	BEAS21047201
63	4135	1254	210	BEAUPRE	SOPHIE	BEAS23527104
53	4135	1045	15	BEAULAC	STEVE	BEAS26017104
53	4135	1041	10	BEAUBIEN	STEPHANE	BEAS26026902
34	4135	1118	10	BEAUCHEMIN	VALERIE	BEAV20616502

exhibit 2.1

--SOMMAIRE DES MINI-ARRETS VS LES ECOLES--

NUMERO DE MINI-ARRET	NOMBRE D'ETUDIANTS	NUMERO DE BATISSE	CODE MUN.	CODE RUE	CODE SEG.	NOM	PRENOM	CODE PERMANENT
			4135	1508	10	TOURIGNY	LYNE	TOUL27556506
	1	41						
			4135	1508	10	SZCZESNIAK	RICHARD	SZCR05126209
	1	60						
			4135	1508	10	TOURIGNY	JEAN	TOUJ08056803
	1	63						
			4135	1508	5	LEFEBVRE	ROGER	LEFR06086009
	1	71						
			4135	1508	10	TOURIGNY	MARC	TOUM22116207
	1	72						
16726986	5							
			4135	1254	185	LEMAIRE	SERGE	LEMS21026507
			4135	1254	180	ST LAURENT	MARC	STLM14016404
			4135	1254	180	GOULET	MICHEL	GOUM06126404
	3	41						
			4135	1254	180	ROSS	LOUIS	ROSL04066509
	1	52						
			4135	1440	20	TOURIGNY	MARYSE	TOUM10517207
			4135	1254	180	GOULET	PASCAL	GOUP08097206
	2	63						
			4135	1254	180	ROSS	LYNN	ROSL17596109
	1	70						
			4135	1254	185	COTE	FRANCOIS	COTF24045904
	1	71						
			4135	1440	20	COUTURE	DANIEL	COUD10066406
			4135	1254	185	LEMAIRE	MARIO	LEMM22076207
	2	72						
16755990	10							
			4135	1254	200	DESMARAIS	FRANCOIS	DESF06116104
	1	37						
			4135	1254	195	CARRIER	JOSEE	CARJ25536507
			4135	1254	200	DESMARAIS	PIERRE	DESP06096501
			4135	1254	200	DESMARAIS	FRANCE	DESF19596403
	3	41						
			4135	1254	200	DUPLESSIS	MARIO	DUPM25026408
			4135	1254	195	CARON	REAL	CARR18066409
	2	60						
			4135	1254	195	JUTRAS	GUY	JUTG24086603
			4135	1254	200	DUPLESSIS	FRANCOIS	DUPF07037000
			4135	1254	195	MILLETTE	DENISE	MILD25596600
			4135	1254	200	NORMAND	LUC	NORL29086600
			4135	1254	195	CARRIER	LINE	CARL17616705
			4135	1254	200	NORMAND	SHIRLEY	NORS06557007
			4135	1254	195	JUTRAS	SYLVIE	JUTS17576907
			4135	1254	195	CARRIER	JOHANNE	CARJ01586603
			4135	1254	195	JUTRAS	LUC	JUTL01077002
	9	63						

exhibit 2.2

*** RESUME DE L'AFFECTATION DES ETUDIANTS AUX ARRETS

NUMERO D'ARRET	ETUDIANT(S) A L'ARRET	NUMERO DE MINI-ARRET	NUMERO D'ECOLE	CODE MUN.	CODE RUE	CODE SEG.	NOM	PRENOM	CODE PERMANENT
161103003									
		161103003							
			33	4135	1133	10	BESSETTE	GHYSLAIN	BESG25126801
			33	4135	1133	10	BESSETTE	MARYSE	BESM03536701
			33	4135	1133	10	GATIEN	MARTIN	GATM27036602
			33	4135	1133	10	LAMPRON	JOANNE	LAMJ27577209
			33	4135	1133	10	LAMPRON	MICHEL	LAMM13126802
			33	4135	1133	10	RAINVILLE	NANCY	RAIN14537203
	6								
161511405									
		161511405							
			33	4135	1605	5	BROCHU	ANNIE	BROA07566907
			33	4135	1605	5	JANELLE	CAROLINE	JANC22517208
			33	4135	1605	5	LAFONTAINE	ERIC	LAFE11037202
			33	4135	1605	5	LEMIEUX	ERIC	LEME04097207
			33	4135	1605	5	LETARTE	MARC	LETM21057212
			33	4135	1605	5	MARTINEAU	ANDRE	MARA19056709
			33	4135	1605	5	PARIS	PATRICK	PARP16067202
			33	4135	1605	5	PARENT	PATRICK	PARP30087205
			33	4135	1605	5	PERREAULT	NADINE	PERN18537209
			33	4135	1605	5	PRIMARD	CHANTAL	PRIC07557203
			33	4135	1605	5	RAYMOND	MAGALIE	RAYM03547207
			33	4135	1605	5	TRUDEL	JEAN-SEBASTIEN	TRUJ31087201
			33	4135	1605	5	VALLIERES	DOMINIC	VALD26037200
			40	4135	1605	5	ALTHOT	ALAIN	ALTA28096609
			40	4135	1605	5	ALTHOT	NANCY	ALTN07626901
			40	4135	1605	5	DORE	PIERRE	DORP27117101
			40	4135	1605	5	GOULET	ISABELLE	GOUI05517202
			40	4135	1605	5	LEFEBVRE	FRANCOIS	LEFF10057206
		161548442							
			33	4135	1604	10	BESSETTE	LUCIE	BESL18626608
			33	4135	1604	10	BESSETTE	MANON	BESM08576905
			33	4135	1604	5	BESSETTE	PASCAL	BESP20017103
			33	4135	1604	10	COTE	JIMMY	COTJ14027205
			40	4135	1604	10	BESSETTE	SYLVIE	BESS21586502
		161590508							
			33	4135	1601	15	BLAIS	REJEAN	BLAR31087007
			33	4135	1601	15	GRAVIER	KARINE	GRAK11547106
			33	4135	1601	10	LEMIRE	PASCAL	LEMP08066908
			33	4135	1601	10	LEMIRE	TONY	LEMT18126504
			33	4135	1603	5	THEROUX	MANON	THEM04566700
		161708474							
			33	4135	1602	5	AUDET	NATHALIE	AUDN16536700
	29								
161899399									
		161899399							
			33	4135	1133	25	MOISAN	MICHEL	MOIM14127005
	1								

exhibit 2.3

3-GENERATION DES PARCOURS D'AUTOBUS

Milieu urbain.

Pour ce module, le régisseur doit spécifier un nombre maximum d'élèves qui peuvent être ramassés en même temps par un autobus (ceci permet de subdiviser le groupe d'écoliers à un même arrêt en plusieurs sous-groupes et ainsi permettre qu'ils se trouvent sur plusieurs parcours plutôt que de les concentrer sur le même). Le système détermine pour chaque arrêt un ensemble d'arrêts voisins les plus proches qui peuvent se trouver sur le même parcours (10 est une bonne valeur). Le régisseur spécifie également pour chaque école ou groupe d'écoles, les caractéristiques des parcours désirés: nombre maximum d'arrêts par parcours, longueur maximum, capacité des autobus et différents paramètres de génération de parcours (optionnels).

Pour chaque école ou groupe d'écoles, le module précédent fournit la liste des arrêts où se trouvent des écoliers devant s'y rendre; pour chacun de ces arrêts, il présente une indication de dédoublement dans les cas où il y avait plus d'écoliers que la grandeur maximum du groupe, le nombre d'écoliers, la distance à l'école du groupe la plus proche et un numéro indiquant l'ordre de visite des écoles (numéro de patron) si un parcours se termine à cet arrêt.

Voir l'exhibit 3.1

Un rapport de sortie décrit les parcours. La première page donne les résultats sommaires de tous les parcours engendrés par différentes combinaisons de paramètres; le système choisit la meilleure solution parmi toutes celles qui ont été obtenues. Les

<<< SYSTEME DE TRANSPORT SCOLAIRE >>>
--- CREATION DU RESEAU DES ARRETS ---

22 ARRETS LUS

NOUS TRAITONS 2 ECOLE(S)

BATISSE	NOEUD
33	174546390
40	184454958

NOUS AVONS 2 PATRON(S) DE VISITE DE DESTINATION(S)

NO DU PATRON	SEQUENCE DES NOEUDS
1	174546380 184454958
2	184454958 174546380

26 ARRETS UTILISES AU TOTAL

NOEUD DE L'ARRET	NUMERO D'ARRET SUPPLEMENTAIRE	NOMBRE DE PASSAGER(S)	DISTANCE MINIMUM	NUMERO DU PATRON
151103003		6	4815	2
161511405		15	4349	2
161511405	1	14	4349	2
161899399		1	3817	2
162415015		5	3175	2
172738373		15	2813	2
172738373	1	13	2813	2
172765758		1	2742	2
173150475		9	2264	2
173303150		9	2128	2
173771109		4	1476	2
174226544		6	984	1
174443255		5	720	1
174510885		2	1272	1
174590144		7	788	2
174854503		2	1010	1
182438972		4	3308	2
183924896		22	1302	2
184210338		19	1368	2
184210338	1	19	1368	2
184210338	2	17	1368	2
184271712		21	864	2
184680977		7	880	2
184776402		3	1745	2
184888170		10	1747	2
195158972		2	2084	2

NOUS AVONS GENERE 225 ARCS INTER-ARRETS

exhibit 3.1

pages suivantes détaillent cette dernière en donnant les écoles cibles, les paramètres choisis, les contraintes fixées par l'usager (capacité, distance maximum), le nombre de parcours et le total de leur longueur. Chacun des parcours est ensuite décrit par la suite de ses arrêts identifiés par leur numéro de noeud; le système présente pour chaque arrêt le nombre d'étudiants, la distance au prochain arrêt, la distance totale depuis le début du parcours et une quantité notée "mètres*étudiants"; elle est obtenue par le produit entre le nombre d'écoliers et la distance du segment à l'école. Ceci permet de quantifier une certaine notion de service; en effet, une valeur élevée de ce paramètre indique que plusieurs écoliers parcourent beaucoup de chemin avant de se rendre à l'école. Si le ramassage avait été effectué dans un autre ordre, il est possible qu'ils auraient été pris plus tard et n'auraient pas alors parcouru autant de chemin avant d'arriver à l'école. Nous pouvons donc nous servir de cette valeur pour comparer sommairement différents essais de génération de parcours. A la fin, un résumé de tous ces parcours est donné avec une représentation graphique des parcours. Cette dernière étant obtenue sur une imprimante classique, elle ne nous donne que l'allure générale des parcours et peut aider à une évaluation rapide et sommaire des parcours.

Voir l'exhibit 3.2

exhibit 3.2

*** SYSTEME DE TRANSPORT SCOLAIRE ***
--- GENERATION DES PARCOURS ---

PASSE GLOBALE EN VILLE 16 GROUPES (24 ECOLES)

LISTE DES HEURISTIQUES DEMANDES ET RESULTATS

```
C&W  0 PAR= 1.8 DIST TOT=  16532 NB PARC=  5 ESTIME=   82660 TEMPS CPU=    .11 SEC.
C&W  0 PAR= 1.9 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .11 SEC.
C&W  0 PAR= 2.0 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .12 SEC.
C&W  0 PAR= 2.1 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .11 SEC.
C&W  0 PAR= 2.2 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .11 SEC.
C&W  0---------------------------------------------------------- TEMPS CPU=    .56 SEC.
C&W  2 PAR= 1.8 DIST TOT=  16455 NB PARC=  5 ESTIME=   82275 TEMPS CPU=    .12 SEC.
C&W  2 PAR= 1.9 DIST TOT=  16455 NB PARC=  5 ESTIME=   82275 TEMPS CPU=    .12 SEC.
C&W  2 PAR= 2.0 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .12 SEC.
C&W  2 PAR= 2.1 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .11 SEC.
C&W  2 PAR= 2.2 DIST TOT=  17033 NB PARC=  5 ESTIME=   85165 TEMPS CPU=    .12 SEC.
C&W  2---------------------------------------------------------- TEMPS CPU=    .60 SEC.
```

***** ALGORITHME DE GENERATION DE PARCOURS EN MILIEU URBAIN *****

--- ECOLE(S) DESTINATION(S) DES PARCOURS ---

NUMERO DE BATISSE	NUMERO DE NOEUD
33	174546380
40	184454958

ALGORITHME:CLARK&WRIGTH
INSERTION TYPE: 2
OP TIMISATION DES PARCOURS PAR:OPT2
OPTIMISATION AVEC:OPT2
ECHANGE INTER-PARCOURS AVEC:OPT2 SPECIAL
CONSTRUCTION DES ROUTES SANS BOUCLES

1 TYPE(S) D'AUTOBUS MAXIMUM D'ARRETS: 30 LONGUEUR MAXIMUM: 20000 METRES PARAMETRE: 1.80

TYPE D'AUTOBUS	NOMBRE DISPONIBLE	CAPACITE	NOMBRE UTILISE
1	100	60	5

GENERATION DE 5 PARCOURS TOTALISANT UNE DISTANCE DE 16413 METRES

PARCOURS UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

51 PASSAGERS
7 ARRET(S)
5726 METRES DE LONGUEUR

INDICE DU NOEUD	NUMERO DE NOEUD	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	DISTANCE AU NOEUD SUIV.	DISTANCE TOTALE	METRES* ETUDIANTS
4	161511405	14	1	1	80164
3	161511405	15	910	911	85875
2	151103003	6	998	1909	28890
5	161899399	1	642	2551	3817
6	162415015	5	433	2984	15875
9	172765758	1	478	3462	2742
10	173150475	9	2264	5726	20376
[ECOLE]	184454958				
[ECOLE]	174546380				
*** TOTAUX ***		51		5726	237739

*** NUMERO 33051 ***

PARCOURS UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

55 PASSAGERS
8 ARRET(S)
5026 METRES DE LONGUEUR

INDICE DU NOEUD	NUMERO DE NOEUD	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	DISTANCE AU NOEUD SUIV.	DISTANCE TOTALE	METRES* ETUDIANTS	
8	172738373	13	1	1	65338	
7	172738373	15	499	500	75375	
18	182438972	4	1180	1680	18104	
11	173303150	9	656	2336	30114	
12	173771109	4	687	3023	10760	
13	174226544	6	441	3464	12018	
15	174510885	2	552	4016	3124	
17	174854503	2	1010	5026	2020	
[ECOLE]	174546380					
[ECOLE]	184454958					
*** TOTAUX ***		55		5026	216853	*** NUMERO 40051 ***

PARCOURS UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

43 PASSAGERS
2 ARRET(S)
1314 METRES DE LONGUEUR

INDICE DU NOEUD	NUMERO DE NOEUD	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	DISTANCE AU NOEUD SUIV.	DISTANCE TOTALE	METRES* ETUDIANTS	
19	183924896	22	450	450	28908	
23	184271712	21	864	1314	18144	
[ECOLE]	184454958					
[ECOLE]	174546380					
*** TOTAUX ***		43		1314	47052	*** NUMERO 33052 ***

PARCOURS UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

55 PASSAGERS
3 ARRET(S)
1370 METRES DE LONGUEUR

INDICE DU NOEUD	NUMERO DE NOEUD	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	DISTANCE AU NOEUD SUIV.	DISTANCE TOTALE	METRES* ETUDIANTS

20	184210338	19	1	1	26030	
22	184210338	17	1	2	23273	
21	184210338	19	1368	1370	25992	
[ECOLE]	184454958					
[ECOLE]	174546380					
*** TOTAUX ***		55		1370	75295	*** NUMERO 33053 ***

PARCOURS UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

34 PASSAGERS
6 ARRET(S)
2977 METRES DE LONGUEUR

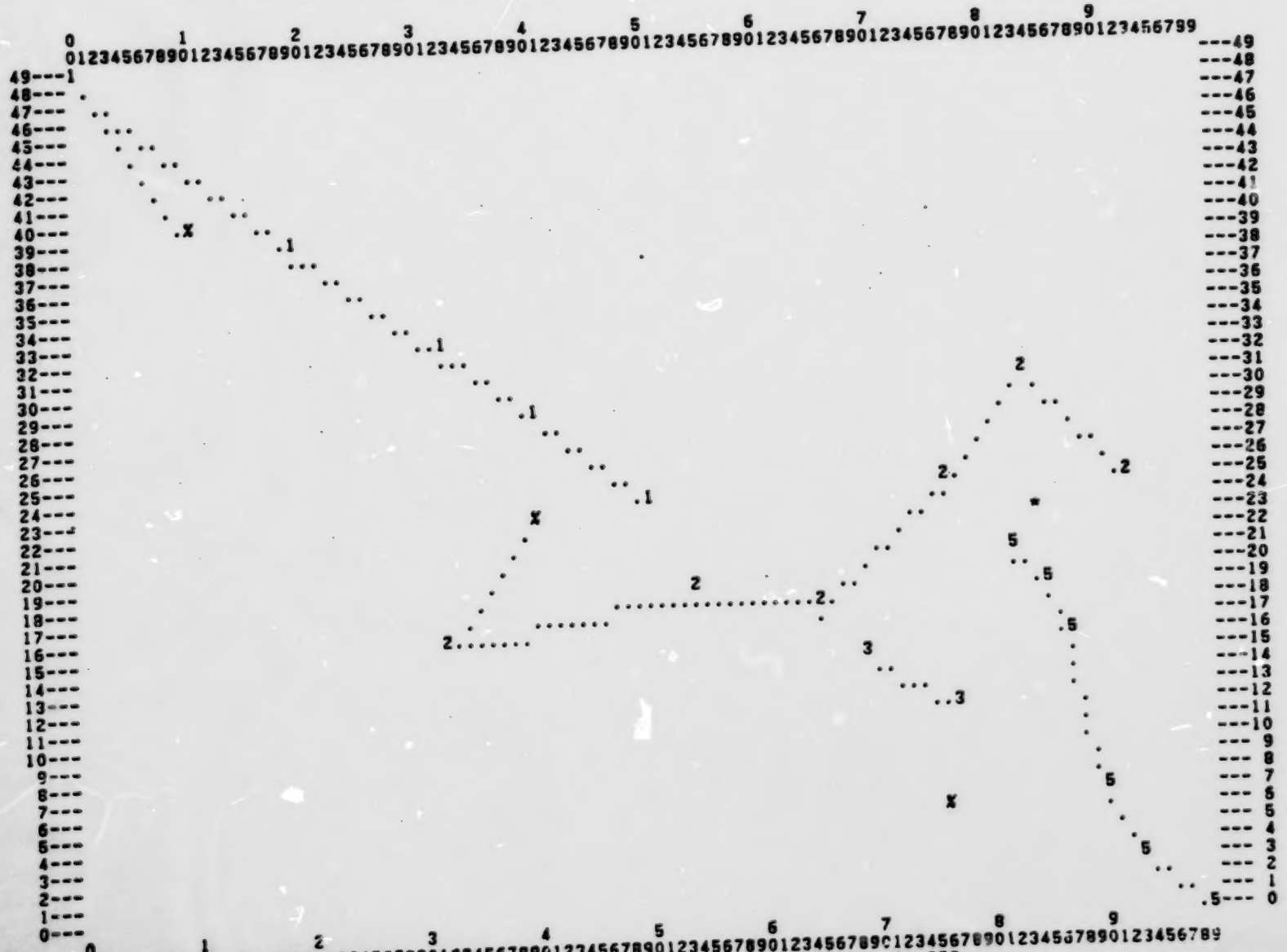
INDICE DU NOEUD	NUMERO DE NOEUD	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	DISTANCE AU NOEUD SUIV.	DISTANCE TOTALE	METRES* ETUDIANTS	
27	195158972	2	337	337	5954	
26	184888170	10	325	662	26400	
25	184776402	3	1167	1829	6945	
24	184680977	7	244	2073	8036	
16	174590144	7	184	2257	6328	
14	174443255	5	720	2977	3600	
[ECOLE]	174546380					
[ECOLE]	184454958					
*** TOTAUX ***		34		2977	57263	*** NUMERO 40052 ***

< R E S U M E >

5 PARCOURS GENERES
238 ELEVES TRANSPORTES
16413 METRES PARCOURUS
634202 METRES*ETUDIANTS

INDICE DU NOEUD	NUMERO DU NOEUD	COORD. EN X	COORD. EN Y	CARACTERE DE REPRESENTATION
4	161511405	10	40	(1)
3	161511405	10	40	(1)
CONFLIT AVEC PARCOUR SIGNE (1)				
2	151103003	0	49	(1)
5	161899399	19	39	(1)
6	162415015	32	33	(1)
9	172765758	40	29	(1)
10	173150475	50	24	(1)
8	172738373	40	23	(2)
7	172738373	40	23	(2)
CONFLIT AVEC PARCOUR SIGNE (2)				
18	182438972	32	16	(2)
11	173303150	54	19	(2)
12	173771109	65	18	(2)
13	174226544	76	25	(2)
15	174510885	83	31	(2)
17	174854503	92	25	(2)
19	183924896	69	15	(3)
23	184271712	77	12	(3)
20	184210338	76	6	(4)
22	184210338	76	6	(4)
CONFLIT AVEC PARCOUR SIGNE (4)				
21	184210338	76	6	(4)
CONFLIT AVEC PARCOUR SIGNE (X)				
27	195158972	99	0	(5)
26	184888170	93	3	(5)
25	184776402	90	7	(5)
24	184680977	87	16	(5)
16	174590144	85	19	(5)
14	174443255	82	21	(5)

< REPRESENTATION GRAPHIQUE DES PARCOURS URBAINS >



C&W 2 PAR= 1.8 DIST TOT= 16413 NB PARC= 5 ESTIME= 82065 TEMPS CPU= .64 SEC.

Milieu rural.

Les écoliers sont pris à leur domicile et amenés soit à leur école, soit à leur point de transfert. La description d'un point de transfert par le régisseur inclut le numéro de son noeud et la liste des numéros d'écoles qui peuvent être touchées par des parcours y arrivant. Il doit également fournir la liste des segments qui sont desservis par celui-ci. En effet, nous supposons que le territoire est divisible à priori et que chacune des régions est desservie par un seul point de transfert. Le système construit ainsi des parcours amenant tous les écoliers au point de transfert et les redistribue de telle sorte que chaque parcours en repartant n'ait que quelques écoles à desservir. Le système tient également compte des écoliers qui se rendent à pied au point de transfert.

Ces données permettent de déterminer la clientèle et la destination pour chacun des sous-problèmes associés à des écoles ou point de transfert différents. Il reste maintenant au régisseur à spécifier les caractéristiques des parcours dans chacun des cas: nombre maximum de segments, longueur maximum, distance de ramassage, capacité des autobus et les points de départ de chacun des parcours (cette dernière donnée étant optionnelle).

Un premier rapport de sortie fournit une liste globale des numéros de point de transfert et de bâtisse avec pour chacun, le numéro de noeud, le nombre d'écoliers s'y rendant et le nombre de segments où ces derniers habitent.

Voir l'exhibit 3.3

Le système détermine également une liste des écoliers à

TYPE DE TRANSPORT	DESTINATION DES PARCOURS (ECOLE)	(TRANSFERT)	NOEUD DESTINATION	NOMBRE D'ETUDIANTS	NOMBRE DE SEGMENTS	NUMERO(S) DE BATISSE DES ETUDIANTS RAMASSES
1		1	185948457	250	41	37 41 44 47 60 70 71 72
2		2	305727813	147	86	37 41 44 47 60 70 71 72
3		3	109383772	368	39	37 41 44 47 60 70 71 72
4		4	146785800	169	24	37 41 44 47 60 70 71 72
5		5	163913050	721	102	37 41 44 47 60 70 71 72
6		6	143807674	440	63	37 41 44 47 60 70 71 72
7		7	37036828	355	85	37 41 44 47 60 70 71 72
20	6		305439385	211	32	6 7 8
20	9		16459005	208	27	9
20	10		19848074	155	21	10
20	11		6980279	120	17	11
20	13		10346338	149	26	13
20	14		109383772	237	25	14 22
20	16		29548814	176	18	16
20	17		15815832	291	29	17 66
20	18		11760925	150	23	18
20	19		38793500	145	34	19
20	20		37914122	117	35	20
20	28		34248331	59	15	28
20	30		37036828	417	34	30
20	31		14899456	107	15	31
20	33		174546380	43	11	33 40
20	54		146785800	317	19	54
20	57		165065003	17	10	57
20	61		153760408	70	18	61
20	63		197632784	47	4	63
20	800		6449670	61	13	800
21	74		302303766	569	159	74

6116 ETUDIANTS AFFECTES AUX 1025 SEGMENTS

371 ETUDIANTS DE RENDANT A PIED AUX POINTS DE TRANSFERT

TOTAL: 6487 ETUDIANTS

6487 FICHES D'ETUDIANTS ECRITES SUR TAPE11

exhibit 3.3

transporter avec leur destination. Cette liste constitue un rapport de sortie.

Voir l'exhibit 3.4

Pour chaque école et point de transfert, les informations précédentes sont explicitées en donnant chaque segment et sa longueur.

Voir l'exhibit 3.5

Le rapport de sortie suivant donne la description des parcours pour chaque école.

Voir l'exhibit 3.6

Pour chaque parcours, le rapport spécifie son numéro, le type d'autobus utilisé, le nombre d'écoliers et d'arrêts et la distance parcourue. Un numéro de parcours comporte six positions qui permettent de retracer immédiatement son "histoire". Les trois premières précisent le numéro de l'école, 0 indiquant un parcours vers un point de transfert. La quatrième position indique le numéro du point de transfert, 0 indiquant un parcours qui va directement à l'école. Les deux dernières positions donnent un numéro séquentiel pour différencier les différents parcours se dirigeant vers les mêmes écoles; ce numéro est plus grand que 50 s'il a été produit par l'algorithme de ville et plus petit que 50 s'il l'a été avec l'algorithme rural. Nous avons mis au point ce numérotage afin de nous assurer de l'unicité de chacun des identificateurs de parcours mais le système ne l'utilise pas comme tel pour en déduire la provenance ou la destination. Tout autre système de numéros uniques ferait tout aussi bien l'affaire.

Chaque parcours y est décrit par la liste des segments avec

--LISTE DES ETUDIANTS ELIGIBLES AU TRANSPORT RURAL --

#BATISSE	MUN.	RUE	SEG.	NOM	PRENOM	CODE PERMANENT				
28	4111	3102	45	ABEL	LIZON	ABEL25606604	20	0	0	0
30	4116	4500	6	ABECASIS	PATRICIA	ABEP20577004	20	0	0	0
28	4111	3102	45	ABEL	SOPHIA	ABES18626907	20	0	0	0
63	4116	4500	6	ALARIE	CHANTAL	ALAC20536902	20	0	0	0
63	4116	4500	6	ALARIE	CAROLLE	ALAC22566607	20	0	0	0
30	4116	4530	35	ALAIN	DANY	ALAD23596709	20	0	0	0
30	4116	4530	35	ALAIN	RENE	ALAR12046609	20	0	0	0
17	4139	4134	20	ALLARD	DIANE	ALLD07546707	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	GAETAN	ALLG14046805	20	0	0	0
18	4136	4202	10	ALLARD	JOHNY	ALLJ19076606	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	JEAN PIERRE	ALLJ20086804	20	0	0	0
16	4124	3215	60	ALLARD	NATHALIE	ALLN09576803	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLIE	PASCAL	ALLP05027201	20	0	0	0
22	4128	3323	22	ALLARD	PATRICK	ALLP27087200	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	REJEAN	ALLR27046603	20	0	0	0
16	4124	3208	5	ALLARD	SYLVIE	ALLS04587001	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	SUZAN	ALLS06547109	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	SERGE	ALLS10126507	20	0	0	0
54	4126	3507	5	ALLARD	SYLVIE	ALLS18596707	20	0	0	0
13	4206	3805	20	ARPIN	DANIEL	ARPD16116509	20	0	0	0
57	4116	4530	35	ARPIN	PATRICK	ARPP11077201	20	0	0	0
13	4206	3805	20	ARPIN	YVAN	ARPY08057203	20	0	0	0
19	4102	3000	80	ARSENEAULT	MARTIN	ARSM11066707	20	0	0	0
18	4132	4305	20	ARSENAULT	MANON	ARSM17596609	20	0	0	0
19	4102	3017	10	ARSENEAULT	RENE	ARSR12106504	20	0	0	0
19	4102	3017	10	ARSENAULT	STEPHANE	ARSS05036806	20	0	0	0
19	4102	3014	20	ARSENEAULT	SYLVAIN	ARSS17056602	20	0	0	0
19	4102	3014	20	ARSENAULT	YVES	ARSY03116903	20	0	0	0
54	4126	3507	5	AUBIN	ISABELLE	AUBI08546609	20	0	0	0
9	4120	4902	70	AUBIN	JULIE	AUBJ23546909	20	0	0	0
54	4126	3507	5	AUBRY	MICHEL	AUBM13056606	20	0	0	0
22	4128	3323	22	AUBIN	NATHALIE	AUBN03626607	20	0	0	0
54	4126	3507	5	AUBIN	NANCIE	AUBN22577107	20	0	0	0
9	4120	4902	70	AUBIN	RENEE	AUBR16626603	20	0	0	0
28	4111	3102	50	AUCLAIR	CHANTALE	AUCC25567108	20	0	0	0
13	4206	3805	20	AUCLAIR	ERIC	AUCE20027200	20	0	0	0
22	4128	3323	20	AUCLAIR	JACQUES	AUCJ25017200	20	0	0	0
14	4128	3323	20	AUCLAIR	MANON	AUCM07547005	20	0	0	0
14	4128	3323	20	AUCLAIR	NANCY	AUCN07547019	20	0	0	0
28	4111	3102	50	AUCLAIR	SERGE	AUCS21047005	20	0	0	0
16	4124	3215	50	AUDET	ALAIN	AUDA05086602	20	0	0	0
19	4102	3000	100	AUDET	CHRISTIAN	AUDC07077006	20	0	0	0
16	4124	3215	60	AUDET	ISABELLE	AUDI19526702	20	0	0	0
16	4124	3215	60	AUDET	JULIE	AUDJ06516706	20	0	0	0
16	4124	3201	10	AUDET	MANON	AUDM16516601	20	0	0	0
16	4124	3215	60	AUDET	MARIE-JOSEE	AUDM31586903	20	0	0	0
16	4124	3215	60	AUDET	NATHALIE	AUDN06536709	20	0	0	0
61	4132	4320	20	AUDET	NANCY	AUDN30596804	20	0	0	0
16	4124	3215	60	AUDET	PATRICE	AUDP30046904	20	0	0	0
30	4116	4530	40	AUDET	ROGER	AUDR24067206	20	0	0	0
61	4132	4320	20	AUDET	SUZIE	AUDS10596601	20	0	0	0
15	4124	3215	60	AUDET	STEPHANE	AUDS11036901	20	0	0	0
54	4126	3507	5	AUGER	ANNIE	AUGA15576701	20	0	0	0
11	4202	3716	10	AUGER	CHRISTIAN	AUGC22076704	20	0	0	0
22	4128	3323	22	AUGER	CHRISTIAN	AUGC23096700	20	0	0	0
22	4128	3303	25	AUGER	DIANE	AUGD17527200	20	0	0	0
63	4116	4500	6	AUGER	DANY	AUGD30106801	20	0	0	0
66	4139	4117	5	AUGER	ISABELLE	AUGI31607105	20	0	0	0

exhibit 3.4

*** CREATION DU RESEAU REDUIT EN MILIEU RURAL ***

LE NOEUD-DESTINATION 305439385 EST L'ECOLE PRIMAIRE 6

CES SEGMENTS DECRIVENT LE RESEAU REDUIT POUR LE TRANSPORT VERS L'(ES) ECOLE(S) 6 7 8

32 SEGMENTS LUS

46 NOEUDS ADJACENTS

32 SEGMENT(S) RETENU(S) POUR LE PROBLEME

	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	CODE MUN.RUE SEG.	NOMBRE D'ETUDIANT(S)	LONGUEUR (METRES)
1	24995734	24763713	40085201050	2	2325
2	45375446	45100438	40085204020	1	2754
3	302924894	302821888	40115400020	27	103
4	24745890	24465858	40115401010	1	2817
5	24465858	302924894	40115401015	28	4779
6	24763713	24478694	40115402055	8	2858
7	24478694	24115690	40115402060	29	3686
8	23918638	23833633	40115402070	11	847
9	23833633	23495592	40115402075	22	3401
10	23495592	23424583	40115402080	2	717
11	24112510	23927494	40115407005	3	1857
12	23927494	23875488	40115408010	2	528
13	23875488	23657323	40115408015	10	2911
14	23657323	23520311	40115408020	5	1386
15	23520311	23455304	40115408025	13	653
16	23930347	23704312	40115413005	9	2292
17	24620403	24212374	40115415030	1	4098
18	24140338	24104343	40115417045	1	363
19	23820791	23833633	40115423010	1	1591
20	304650142	23927494	40115424015	6	2293
21	23930347	23944223	40115425025	2	1246
22	24053978	302924894	40115426075	11	1066
23	24112510	24212374	40115426095	5	1683
24	24212374	24267261	40115426100	3	1257
25	20136543	20180545	40225500005	1	437
26	20795185	20492148	40225503005	1	3049
27	20492148	20122124	40225503010	1	3792
28	20042095	19848074	40225503015	1	1949
29	19403452	19419315	40225507005	1	1386
30	41755045	45740962	41095112010	1	848
31	20093718	20185650	41204913005	1	1144
32	16557140	16459005	41204916030	1	1674

exhibit 3.6

***** ALGORITHME DE GENERATION DES PARCOURS EN MILIEU RURAL *****

** LE NOEUD DESTINATION CORRESPOND AU POINT DE TRANSFERT NUMERO 7 ** DIRECTIVES (11101)

LES PARCOURS PEUVENT CONTENIR DES ETUDIANTS SE DIRIGEANT VERS L'(ES) ECOLE(S) 37 41 44 47 60 70 71 72

1 TYPE(S) D'AUTOBUS MAX DE SEGMENTS: 20 LONGUEUR MAX: 45000 M DISTANCE DE RAMASSAGE MAX: 20000 M PAR= 1.10

100 AUTOBUS DE TYPE 1 ET DE CAPACITE 60 PASSAGERS

RESEAU LU 1.483 SECS

<<<<<< SOLUTION INSERT INITIAL AVEC 12 PARCOURS >>>>>>

.... 355 ETUDIANTS TRANSPORTES SUR 355
.... 12 PARCOURS UTILISE(S)
.... 29.6 PASSAGERS PAR AUTOBUS EN MOYENNE

PARCOURS NUMERO 701 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

14 PASSAGERS
5 ARRETS
43772 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
40085203025	24620403	45060436	(12 , 7)	2	4430	0	87544
40085201045	45076738	24995734	(22 , 12)	2	819	3412	71860
40085202039	45220750	45270760	(33 , 13)	2	589	2259	65704
41164625007	45270760	37017802	(22 , 46)	1	326	29085	3178
41164625008	37017802	16930710	(19 , 45)	7	1263	0	19964
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	1589	

PARCOURS NUMERO 702 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

39 PASSAGERS
12 ARRETS
42582 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
40085204015	45432450	45702457	(50 , 8)	2	2697	0	85164
40085204018	45432450	45375446	(41 , 8)	1	567	2697	37188
40085210030	45432450	45489669	(44 , 9)	1	2309	567	36054
40085201038	45352773	45270760	(36 , 13)	1	828	1725	32020
41185014023	41225041	41149130	(30 , 18)	1	1169	4762	26430
41185011041	41307170	41415302	(39 , 20)	1	1708	1624	23637
41185003065	41415302	41164510	(35 , 23)	1	3360	0	21929
41185000075	41451882	37144126	(36 , 33)	3	3921	4710	41577
41164630020	37144126	37243256	(30 , 36)	1	1641	0	9938
41164630015	37243256	37337388	(35 , 38)	2	1615	0	16594
41164630010	37337388	37421501	(40 , 40)	3	1410	0	20046
41164570015	37390543	37206694	(36 , 43)	22	2590	522	104500
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	2160	

PARCOURS NUMERO 703 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

15 PASSAGERS
3 ARRETS
43707 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
40085309020	45060148	45107209	(25 , 3)	4	773	0	174828
40085204020	45100438	45375446	(33 , 8)	5	2754	3002	199660
41164530040	45375446	37206694	(27 , 45)	6	2160	32858	25920
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	2160	

PARCOURS NUMERO 704 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

39 PASSAGERS
9 ARRETS
44070 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
40085305005	45498303	45501200	(46 , 4)	1	1035	0	44070
40085304010	45370173	45370005	(40 , 2)	1	1679	1370	41665
40085300015	45370173	45107209	(33 , 4)	1	2727	1679	38307
CONFLIT AVEC PARCOURS SIGNE (1)							
41185013045	45037982	41149130	(25 , 18)	1	1856	10042	25538

41185010033	41153495	41164510	(29 , 25)	4	181	4934	74992
41185003060	41164510	20861739	(21 , 27)	4	3795	0	74268
41185008025	41004921	37144126	(24 , 33)	2	2477	2318	24908
41164610035	37243256	16842573	(23 , 39)	25	5115	1641	208400
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	3221	

PARCOURS NUMERO 705 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

22 PASSAGERS
5 ARRETS
42823 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41095100005	46244970	42111068	(82 , 17)	1	1648	0	42823
41095109015	45970871	45740962	(65 , 15)	1	2473	2424	38751
41095112010	45740962	41755045	(59 , 17)	14	848	0	507892
41095104010	41517024	41307170	(42 , 18)	1	2596	3181	32249
41164621005	41307170	33228093	(27 , 48)	5	3273	23107	32730
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	3273	

PARCOURS NUMERO 706 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

33 PASSAGERS
10 ARRETS
40628 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41095108035	46259458	46183547	(64 , 9)	1	1783	0	40628
41095108030	46183547	46078627	(79 , 10)	1	1326	0	38845
41095106035	45702743	45530800	(55 , 13)	1	919	5021	32498
41095106030	45609817	45474919	(49 , 14)	1	1696	270	31309
41095106025	45430866	41225041	(37 , 16)	2	2707	686	37854
41185012040	41149130	41277161	(31 , 19)	2	1315	1169	50102
41185001015	41599544	41341743	(45 , 27)	2	3258	5057	37358
41164610040	37420111	37243256	(38 , 36)	5	2283	5056	51825
41164530048	37421501	37390543	(41 , 41)	2	522	3025	10114
CONFLIT AVEC PARCOURS SIGNE (2)							
41164530045	37390543	37206694	(36 , 43)	16	2375	0	72560
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	2160	

PARCOURS NUMERO 707 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

24 PASSAGERS
11 ARRETS
34159 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41144803010	36275080	38460007	(92 , 33)	2	1986	0	68318
41144801020	38538098	38337309	(95 , 36)	1	2923	1197	30976
41144801015	38337309	38111474	(84 , 39)	1	2950	0	28053
41144814005	38111474	38109374	(78 , 40)	2	1000	0	50206
41144814010	38109374	38049239	(77 , 38)	2	1539	0	48206
41144802030	38109374	37923511	(73 , 40)	1	2310	1539	21025
41144802025	37923511	37862551	(67 , 41)	3	731	0	56145
41144812004	37705334	37717315	(57 , 38)	1	226	2683	15301
41144804055	37698285	37598349	(54 , 38)	3	1193	353	44166
41164530050	37598349	37421501	(47 , 40)	5	2335	0	67645
41164625010	16930710	16842573	(14 , 43)	3	1632	6341	14559
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	3221	

PARCOURS NUMERO 709 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

30 PASSAGERS
3 ARRETS
15560 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41144804075	42289919	42204977	(85 , 32)	1	1032	0	15560
41144804070	42204977	38015070	(78 , 33)	5	2105	0	72640
41144804065	37959097	37914122	(69 , 35)	24	515	620	283272
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	11288	

PARCOURS NUMERO 709 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

44 PASSAGERS
9 ARRETS
38746 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41144807015	41881907	42155724	(73 , 30)	9	3539	0	348714
41144805005	42203798	37957006	(77 , 31)	14	3241	877	480620
41144819010	42203798	42155724	(82 , 29)	3	877	3241	83544
41144807020	42144708	42211648	(82 , 28)	1	893	189	26782
41144819015	42144708	42070605	(78 , 27)	2	1271	893	49992
41144809095	42028422	41960475	(72 , 24)	5	856	2558	105835

41144809090	41960475	41704672	(64 , 26)	2	3227	0	40622
41144809085	41704672	41616736	(55 , 28)	4	1096	0	68336
41185000080	41616736	41443868	(48 , 30)	4	2175	0	63952
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	13813	

PARCOURS NUMERO 710 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

37 PASSAGERS
12 ARRETS
43728 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41144818030	41599544	41704672	(54 , 26)	2	1650	0	87456
41144818025	41704672	41770756	(59 , 28)	2	1067	0	84156
41144808055	41770756	42022548	(67 , 27)	4	3301	0	164044
41144819030	41960475	41857338	(68 , 23)	1	1717	957	36753
41144810020	41857338	41599544	(58 , 24)	4	3293	0	140144
41144806050	41807802	41543996	(55 , 31)	1	3269	3310	28433
41144807005	37640125	37749042	(56 , 34)	1	1367	1617	23547
41144818010	41907940	37957006	(69 , 32)	1	828	1998	20182
41144818005	37957006	38015070	(72 , 33)	2	863	0	38708
41144804060	37914122	37736251	(63 , 36)	3	2200	1135	52068
CONFLIT AVEC PARCOURS SIGNE (7)							
41164500010	37560682	33228093	(41 , 47)	16	5572	6311	141520
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	3273	

PARCOURS NUMERO 711 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

25 PASSAGERS
6 ARRETS
20503 METRES DE LONGUEUR

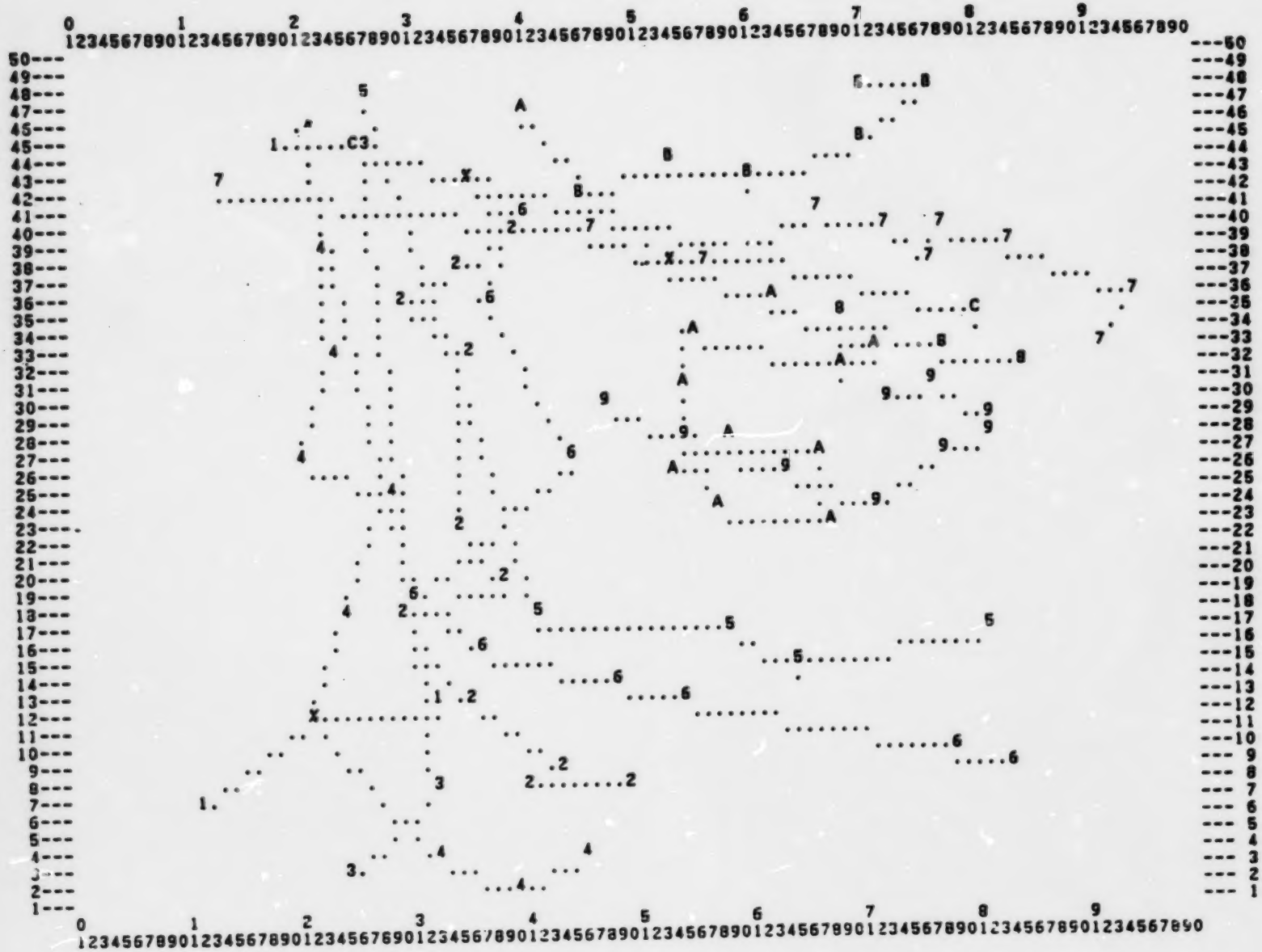
CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41164527010	33891024	38044903	(71 , 48)	1	2344	0	20503
41164529015	38044903	38150947	(77 , 48)	1	1789	0	18159
41144800020	37974834	37976730	(71 , 45)	1	1051	2805	13565
41164520018	37795615	37749645	(61 , 43)	6	560	2692	58932
41164520015	37749645	37560682	(54 , 44)	7	1925	0	64834
41164630005	37560682	37421501	(46 , 42)	9	2280	0	66033
[DESTINATION]	37036828	37036828		0	0	5057	

PARCOURS NUMERO 712 UTILISANT UN AUTOBUS DE TYPE 1

33 PASSAGERS
3 ARRETS
34179 METRES DE LONGUEUR

CODE MUN.RUE SEG.	NOEUD DU DEBUT	NOEUD DE LA FIN	COORDONNEES EN X	EN Y	NOMBRE D'ETUDIANTS	LONGUEUR DU SEGMENT	INTER SEGMENT	METRES* ETUDIANTS
41164570010	37206694	37017802	(26	45)	26	2181	0	888654
41144803005	38049239	38275080	(81	35)	7	2793	13426	130004
[DESTINATION]	37036828	37036828			0	0	15779	

DISTANCE TOTALE PARCOURUE = 444457



***** ALGORITHME DE GENERATION DES PARCOURS EN MILIEU RURAL *****

1 TYPE(S) D'AUTOBUS MAX DE SEGMENTS: 20 LONGUEUR MAX: 45000 M DISTANCE DE RAMASSAGE MAX: 20000 M PAR= 1.10

12 PARCOURS GENERE(S) NOEUD DESTINATION: 37036828

<RESUME DES PARCOURS GENERES>

PARCOURS	SYMBOLE	ETUDIANTS	ARRETS	LONGUEUR	METRE/ETUD	MOYENNE
701	1	14	5	43772	248250	17732.0
702	2	39	12	42582	455077	11668.0
703	3	15	3	43707	400408	26693.0
704	4	39	9	44070	532148	13644.0
705	5	22	5	42823	654445	29747.0
706	6	33	10	40628	423093	12821.0
707	7	24	11	34159	444600	18525.0
708	8	30	3	15560	371472	12382.0
709	9	44	9	38746	1268397	28827.0
710	A	37	12	43728	817011	22081.0
711	B	25	6	20503	242026	9681.0
712	C	33	3	34179	1018658	30868.0
TOTAL		355		444457	6875585	19367.00

```
.....
....  354   ETUDIANTS TRANSPORTES SUR  355
....   11  PARCOURS UTILISE(S)
....   32.2 PASSAGERS PAR AUTOBUS EN MOYENNE
.....

======> 12 PARCOURS ECRITS SUR TAPE10 <======

    INSERTION    125.672  SECS
```

pour chacun: le code de municipalité-rue-segment, les numéros de noeuds de début et de fin, le nombre d'écoliers qui y habitent, sa longueur et la distance depuis le dernier segment. La dernière colonne contient la valeur "mètre*étudiants" analogue à celle qui est utilisée en milieu urbain. Finalement, la distance totale de tous les parcours touchant cette école est donnée. Il y a également une représentation graphique sommaire des parcours et un résumé global des parcours avec pour chacun son nombre d'étudiants et d'arrêts, sa longueur, sa valeur "mètres*étudiants"et la distance moyenne parcourue par chacun des écoliers.

Des parcours "express" sont engendrés entre les points de transfert et les écoles. En effet, nous supposons que les parcours partent des points de transfert et se rendent directement aux écoles sans effectuer de ramassage supplémentaire. Le dernier rapport de sortie fournit une liste des parcours engendrés avec pour chacun, le point de départ, le nombre d'écoliers et la liste des écoles desservies.

Voir l'exhibit 3.7

exhibit 3.7

GENERATION DES PARCOURS EN PROVENANCE DES POINTS DE TRANSFERT

NUMERO	TRANSFERT	NOMBRE DE PASSAGERS	ECOLE(S)-DESTINATION(S)
70101	1	65	70
70201	2	47	70
70202	2	46	70
70301	3	53	70
70302	3	52	70
70401	4	50	70
70402	4	50	70
70501	5	62	70
70502	5	62	70
70503	5	61	70
70504	5	60	70
70701	7	49	70
70702	7	49	70
41101	1	26	41
72301	3	37	41 72
72401	4	32	41 72
72501	5	60	72
72502	5	38	41 72
72503	5	39	41 72
72601	6	60	41 72
72701	7	60	72
72702	7	60	72
41701	7	33	72 41
41702	7	33	72 41
47101	1	25	37 47
47301	3	60	47
47302	3	62	37 47
47401	4	60	47
47402	4	43	37 47
47501	5	60	47
47502	5	46	37 47
47601	6	60	47
47602	6	46	37 47
47701	7	42	37 47
37201	2	21	72 37
71101	1	55	60 44 71
71201	2	33	60 71
44301	3	60	44
60301	3	60	71 44 60
60302	3	60	71 44 60
44401	4	60	44
44402	4	60	44
60401	4	61	71 60
60501	5	34	60
44601	6	60	44
60601	6	49	71 44 60
60602	6	49	71 44 60
71701	7	38	60 44 71
71702	7	39	60 44 71

4-DETERMINATION DES HORAIRES D'ECOLES.

La description de chaque école fournie par le régisseur inclut son nom, son numéro et les écoles voisines (c'est-à-dire des écoles qui pourront être desservies par les mêmes autobus); Le régisseur doit également spécifier différents cadres horaires: celui du transport (c'est-à-dire l'heure la plus tôt à laquelle peuvent débuter des parcours de cette école et l'heure la plus tard à laquelle ils peuvent se terminer), celui du début des cours le matin et celui du temps alloué pour le dîner. Finalement la durée des cours du matin et de l'après-midi doit être précisée. Lorsque l'horaire est fixe, il suffit de spécifier un cadre délimité au début et à la fin par le même moment. Pour chacun des points de transfert, son horaire fixe est également spécifié (l'horaire pouvant varier d'un point à un autre).

Une liste de tous les parcours à agencer est disponible et constitue un rapport de sortie. Chaque parcours est décrit en en indiquant le type (réseau vers école, réseau vers point de transfert, point de transfert vers école), le nombre de passagers, la longueur, les noeuds d'origine et de destination ainsi que la liste des écoles desservies.

Voir l'exhibit 4.1

Les distances sont transformées en temps à l'aide de fonctions de vitesse lors du ramassage et lorsque l'autobus roule à vide. Une nouvelle liste des parcours est ainsi obtenue indiquant leur type et une indication de la flexibilité sur l'heure d'arrivée avant le début des cours et de départ après la fin des cours. Un long parcours comporte moins de flexibilité.

exhibit 4.1

	NUMERO DE PARCOURS	TYPE DU PARCOURS	NOMBRE DE PASSAGERS	DUREE (MINUTES)	LONGUEUR (METRES)	NOEUD ORIGINE	NOEUD DESTINATION	NUMERO(S) DE BATISSE(S)-DESTINATION(S)
1	33051	RESEAU-ECOLE	51	12	5726	161511405	174546380	40 33
2	40051	RESEAU-ECOLE	55	11	5026	172738373	184454958	33 40
3	33052	RESEAU-ECOLE	43	3	1314	183924896	174546380	40 33
4	33053	RESEAU-ECOLE	55	3	1370	184210338	174546380	40 33
5	40052	RESEAU-ECOLE	34	7	2977	195158972	184454958	33 40
6	53051	RESEAU-ECOLE	58	28	11800	151852372	153851892	61 53
7	53052	RESEAU-ECOLE	59	5	2550	153343978	153851892	61 53
8	34051	RESEAU-ECOLE	26	12	6067	151891555	164219101	34
9	35051	RESEAU-ECOLE	53	7	4390	141727486	164050231	35
10	35052	RESEAU-ECOLE	40	15	6493	151724340	164050231	35
11	35053	RESEAU-ECOLE	59	11	5413	161511405	164050231	35
12	36051	RESEAU-ECOLE	45	18	7693	184888170	165734128	36
13	51051	RESEAU-ECOLE	38	17	7454	152110882	163536621	51
14	52051	RESEAU-ECOLE	12	16	7155	16755990	186037695	52
15	56051	RESEAU-ECOLE	42	11	4556	16726986	186999350	56
16	57051	RESEAU-ECOLE	26	18	7987	186948626	165065003	57
17	62051	RESEAU-ECOLE	48	13	5335	172540110	185581549	62
18	63051	RESEAU-ECOLE	45	5	2666	16764962	197632784	63
19	63052	RESEAU-ECOLE	22	9	4541	188468438	197632784	63
20	47051	RESEAU-ECOLE	58	23	10899	16767981	165688755	37 47
21	47052	RESEAU-ECOLE	51	12	6676	143882612	165688755	37 47
22	47053	RESEAU-ECOLE	53	16	8024	151103003	165688755	37 47
23	47054	RESEAU-ECOLE	59	21	9461	151922318	165688755	37 47
24	47055	RESEAU-ECOLE	49	6	3961	163076020	165688755	37 47
25	47056	RESEAU-ECOLE	54	10	5030	164058517	165688755	37 47
26	47057	RESEAU-ECOLE	56	5	2878	174075363	165688755	37 47
27	47058	RESEAU-ECOLE	29	4	2340	174559654	165688755	37 47
28	47059	RESEAU-ECOLE	58	10	5083	186870591	165688755	37 47
29	47060	RESEAU-ECOLE	57	11	5666	195150668	165688755	37 47
30	41051	RESEAU-ECOLE	58	7	4227	16768957	185729743	72 41
31	72051	RESEAU-ECOLE	53	39	16388	161511405	185948457	41 72
32	72052	RESEAU-ECOLE	55	4	2478	175244708	185948457	41 72
33	72053	RESEAU-ECOLE	56	19	8804	182438972	185948457	41 72
34	72054	RESEAU-ECOLE	40	11	5649	184210338	185948457	41 72
35	41052	RESEAU-ECOLE	52	5	3272	186950036	185729743	72 41
36	41053	RESEAU-ECOLE	50	13	6439	188690160	185729743	72 41
37	72055	RESEAU-ECOLE	60	12	6215	197203716	185948457	41 72
38	71051	RESEAU-ECOLE	56	18	8564	16777948	163702207	60 44 71
39	60051	RESEAU-ECOLE	43	17	7663	133217776	174985778	71 44 60
40	60052	RESEAU-ECOLE	54	20	8850	151103003	174985778	71 44 60
41	60053	RESEAU-ECOLE	59	24	9968	151852372	174985778	71 44 60
42	71052	RESEAU-ECOLE	57	11	4903	154610275	163702207	60 44 71
43	71053	RESEAU-ECOLE	46	10	4719	165904475	163702207	60 44 71
44	71054	RESEAU-ECOLE	52	5	2441	174461828	163702207	60 44 71
45	71055	RESEAU-ECOLE	44	4	2346	174728327	163702207	60 44 71
46	71056	RESEAU-ECOLE	32	4	2067	175244708	163702207	60 44 71
47	71057	RESEAU-ECOLE	59	8	3987	183924896	163702207	60 44 71
48	71058	RESEAU-ECOLE	55	7	3392	184635916	163702207	60 44 71
49	71059	RESEAU-ECOLE	51	19	8518	188690160	163702207	60 44 71
50	71060	RESEAU-ECOLE	41	12	6137	195150668	163702207	60 44 71

Voir l'exhibit 4.2

Le système valide les données et réduit les cadres horaires en tenant compte des différents parcours qui peuvent arriver à chacune des écoles. Une liste donne pour chaque école les cadres horaires résuits et la liste de ses écoles voisines.

Voir l'exhibit 4.3

exhibit 4.2

	NUMERO DU PARCOURS	DUREE (MINUTES)	TYPE	ATTENTE MAXIMUM A-M	ATTENTE MAXIMUM P-M
1	6001	50	RESEAU-ECOLE	20	10
2	6002	49	RESEAU-ECOLE	20	10
3	6003	50	RESEAU-ECOLE	20	10
4	6004	43	RESEAU-ECOLE	20	10
5	8051	10	RESEAU-ECOLE	30	30
6	9001	48	RESEAU-ECOLE	20	10
7	9002	36	RESEAU-ECOLE	20	20
8	9003	60	RESEAU-ECOLE	10	10
9	9004	51	RESEAU-ECOLE	10	10
10	10001	19	RESEAU-ECOLE	30	30
11	10002	45	RESEAU-ECOLE	20	10
12	10003	40	RESEAU-ECOLE	20	20
13	11001	25	RESEAU-ECOLE	30	10
14	11002	49	RESEAU-ECOLE	20	10
15	11003	44	RESEAU-ECOLE	20	10
16	13001	57	RESEAU-ECOLE	10	10
17	13002	42	RESEAU-ECOLE	20	10
18	13003	13	RESEAU-ECOLE	30	30
19	14001	42	RESEAU-ECOLE	20	10
20	14002	13	RESEAU-ECOLE	30	30
21	14003	54	RESEAU-ECOLE	10	10
22	14004	33	RESEAU-ECOLE	20	20
23	16001	33	RESEAU-ECOLE	20	20
24	16002	57	RESEAU-ECOLE	10	10
25	16003	18	RESEAU-ECOLE	30	30
26	17001	16	RESEAU-ECOLE	30	30
27	17002	12	RESEAU-ECOLE	30	30
28	17003	36	RESEAU-ECOLE	20	20
29	17004	46	RESEAU-ECOLE	20	10
30	17005	34	RESEAU-ECOLE	20	20
31	18001	27	RESEAU-ECOLE	30	10
32	18002	27	RESEAU-ECOLE	30	10
33	18003	17	RESEAU-ECOLE	30	30
34	18004	47	RESEAU-ECOLE	20	10
35	19001	15	RESEAU-ECOLE	30	30
36	19002	45	RESEAU-ECOLE	20	10
37	19003	54	RESEAU-ECOLE	10	10
38	19004	52	RESEAU-ECOLE	10	10
39	19005	44	RESEAU-ECOLE	20	10
40	20001	58	RESEAU-ECOLE	10	10
41	20002	60	RESEAU-ECOLE	10	10
42	20003	35	RESEAU-ECOLE	20	20
43	28001	51	RESEAU-ECOLE	10	10
44	28002	60	RESEAU-ECOLE	10	10
45	30001	17	RESEAU-ECOLE	30	30
46	30002	54	RESEAU-ECOLE	10	10
47	30003	48	RESEAU-ECOLE	20	10
48	30004	23	RESEAU-ECOLE	30	10
49	30005	17	RESEAU-ECOLE	30	30
50	30006	8	RESEAU-ECOLE	30	30

exhibit 4.3

G R O U P E S D ' E C O L E S

49 ECOLES
33 GROUPES
257 PARCOURS

19 PERIODES DE TRANSPORT

GROUPE 1 ECOLES-A-TRANSFERT
COURS AM: [8:40-11:50]
COURS PM: [12:50-15:20]
DINER: 1:00

NUMERO ECOLE	NOM ECOLE	CADRE TRANSPORT	NOMBRE PARCOURS	ECOLES VOISINES
37	ST-FREDERI	[7:40-16:20]	1	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 40 41 44 51 52 53 54 56 57 60
41	N-D-ASSOMP	[7:50-16:10]	6	62 63 70 71 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 44 47 51 52 53 54 56 57
44	JRAIMBAULT	[7:40-16:20]	4	61 62 63 70 71 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 47 51 52 53 54 56 57
47	JEAN-MANCE	[7:40-16:20]	20	62 63 70 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 40 41 44 51 52 53 54 56 57 60
60	ST-GEORGES	[7:40-16:20]	9	62 63 70 71 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 47 51 52 53 54 56 57
70	MARIE-RIVI	[7:40-16:20]	24	62 63 70 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 71 72 74 800 501 502 503 504 505 506
71	PAUL-ROUSS	[7:40-16:20]	14	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 47 51 52 53 54 56 57
72	POUDRIERE	[7:40-16:20]	13	62 63 70 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507 6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 44 47 51 52 53 54 56 57 61 62 63 70 71 74 800 501 502 503 504 505 506 507

GROUPE 2 POINTS DE TRANSFERT
PERIODE DE TRANSFERT AM: [8:10 A 8:20]
PERIODE DE TRANSFERT PH: [15:40 A 15:50]

501	POINT-TF-1	[7:10-16:50]	6	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600
505	POINT-TF-5	[7:10-16:50]	14	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600
506	POINT-TF-6	[7:10-16:50]	12	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600

GROUPE 3 POINTS DE TRANSFERT
PERIODE DE TRANSFERT AM: [8:00 A 8:10]
PERIODE DE TRANSFERT PH: [15:50 A 16:00]

503	POINT-TF-3	[7:00-17:00]	7	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600
507	POINT-TF-7	[7:00-17:00]	12	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600

GROUPE 4 POINTS DE TRANSFERT
PERIODE DE TRANSFERT AM: [7:50 A 8:00]
PERIODE DE TRANSFERT PH: [16:00 A 16:10]

502	POINT-TF-2	[7:10-16:50]	6	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 600

GROUPE 5 POINTS DE TRANSFERT
PERIODE DE TRANSFERT AM: [8:10 A 8:20]

PERIODE DE TRANSFERT PM: [15:40 A 15:50]

504	POINT-TF-4	[7:10-16:50]	3	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 74 800

GROUPE 6 ECOLES REGULIERES
COURS AM: [8:40-11:50]
COURS PM: [12:50-15:20]
DINER: 1:00

NUMERO ECOLE	NOM ECOLE	CADRE TRANSPORT	NOMBRE PARCOURS	ECOLES VOISINES
74	ROBERT-OUI	[7:30-16:30]	17	6 8 9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 33 34 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 60 61 62 63 70 71 72 800 501 502 503 504 505 506

GROUPE 7 ECOLES REGULIERES
COURS AM: [8:40-11:40]
COURS PM: [12:40-15:10]
DINER: 1:00

NUMERO ECOLE	NOM ECOLE	CADRE TRANSPORT	NOMBRE PARCOURS	ECOLES VOISINES
6	SACRECOEUR	[7:30-16:20]	4	9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 31 33 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 57 60 62 63 70 71 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507
7	ST- ANDRE		0	
8	ROGER-LABR	[7:50-16:00]	1	9 10 11 13 14 16 17 18 19 20 28 30 31 33 35 36 37 40 41 44 47 51 52 53 54 56 57 60 62 63 70 71 72 74 800 501 502 503 504 505 506 507

GROUPE 8 ECOLES REGULIERES
COURS AM: [8:40-11:40]
COURS PM: [12:40-15:10]
DINER: 1:00

5-CONFECTION DES HORAIRES D'AUTOBUS

Le système détermine finalement l'affectation des différents parcours aux autobus et leur réutilisation. Pour chaque autobus, nous retrouvons les différents parcours qu'il doit effectuer; pour chaque parcours, nous retrouvons son numéro, les heures d'arrivée et de départ et l'attente des écoliers avant le début des cours. Nous retrouvons les mêmes spécifications pour les parcours du soir.

Voir l'exhibit 5.1

Un rapport de sortie fournit également un tableau global donnant en parallèle une image des différents parcours dans le temps; nous pouvons y voir à chaque instant quels sont les parcours qui sont en train d'être effectués (une position sur une ligne équivaut à une minute).

Voir l'exhibit 5.2

LE MATIN ON DEMANDE 159 AUTOBUS (BORNE 146) FACTEUR DE COMPRESSION: 1 MINUTE(S)

BUS	PARCOURS			
1 ==>	71051-(18)[7:50- 8:07]<33>	35051-(7)[8:11- 8:18]<22>	63051-(5)[8:25- 8:30]<10>	*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
2 ==>	36051-(18)[8:00- 8:17]<23>	63052-(9)[8:21- 8:30]<10>		*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
3 ==>	53051-(28)[7:55- 8:22]<18>	47055-(6)[8:24- 8:30]<10>		*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
4 ==>	35053-(11)[8:00- 8:10]<30>	47056-(10)[8:10- 8:20]<20>	71053-(10)[8:20- 8:30]<10>	*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
5 ==>	72053-(19)[7:50- 8:09]<31>	47059-(10)[8:10- 8:19]<21>	71057-(8)[8:22- 8:30]<10>	*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
6 ==>	104-(33)[7:37- 8:10]<10>	41051-(7)[8:14- 8:21]<19>	71058-(7)[8:23- 8:30]<10>	
7 ==>	60051-(17)[8:04- 8:21]<19>	70055-(7)[8:23- 8:30]<10>		
8 ==>	60052-(20)[8:03- 8:23]<17>	70056-(6)[8:24- 8:30]<10>		
9 ==>	71059-(19)[8:01- 8:20]<20>	70057-(8)[8:22- 8:30]<10>		
10 ==>	72051-(39)[7:45- 8:24]<16>	70058-(5)[8:25- 8:30]<10>		
11 ==>	17002-(12)[8:00- 8:12]<28>	70059-(8)[8:22- 8:30]<10>		
12 ==>	9001-(48)[7:42- 8:30]<10>			
13 ==>	9003-(60)[7:30- 8:30]<10>			
14 ==>	9004-(51)[7:39- 8:30]<10>			
15 ==>	19003-(40)[7:50- 8:30]<10>			
16 ==>	11002-(49)[7:41- 8:30]<10>			
17 ==>	11003-(44)[7:46- 8:30]<10>			
18 ==>	13001-(57)[7:33- 8:30]<10>			
19 ==>	13002-(42)[7:48- 8:30]<10>			
20 ==>	14003-(54)[7:36- 8:30]<10>			
21 ==>	14004-(33)[7:57- 8:30]<10>			
22 ==>	16001-(33)[7:57- 8:30]<10>			
23 ==>	16002-(57)[7:33- 8:30]<10>			
24 ==>	16003-(18)[8:12- 8:30]<10>			
25 ==>	17003-(36)[7:54- 8:30]<10>			
26 ==>	17004-(46)[7:44- 8:30]<10>			
27 ==>	17005-(34)[7:56- 8:30]<10>			
28 ==>	18001-(27)[8:03- 8:30]<10>			
29 ==>	18002-(27)[8:03- 8:30]<10>			
30 ==>	13003-(13)[7:50- 8:02]<38>	18003-(17)[8:13- 8:30]<10>		*** COMPRIME DE 1 MINUTE(S) ***
31 ==>	18004-(47)[7:43- 8:30]<10>			
32 ==>	19001-(15)[8:15- 8:30]<10>			
33 ==>	19002-(45)[7:45- 8:30]<10>			
34 ==>	19003-(54)[7:36- 8:30]<10>			
35 ==>	19004-(52)[7:38- 8:30]<10>			
36 ==>	19005-(44)[7:46- 8:30]<10>			
37 ==>	20001-(58)[7:32- 8:30]<10>			
38 ==>	20002-(60)[7:30- 8:30]<10>			
39 ==>	20003-(35)[7:55- 8:30]<10>			
40 ==>	28001-(51)[7:39- 8:30]<10>			
41 ==>	28002-(60)[7:30- 8:30]<10>			
42 ==>	30002-(54)[7:36- 8:30]<10>			
43 ==>	31001-(45)[7:45- 8:30]<10>			

exhibit 5.1

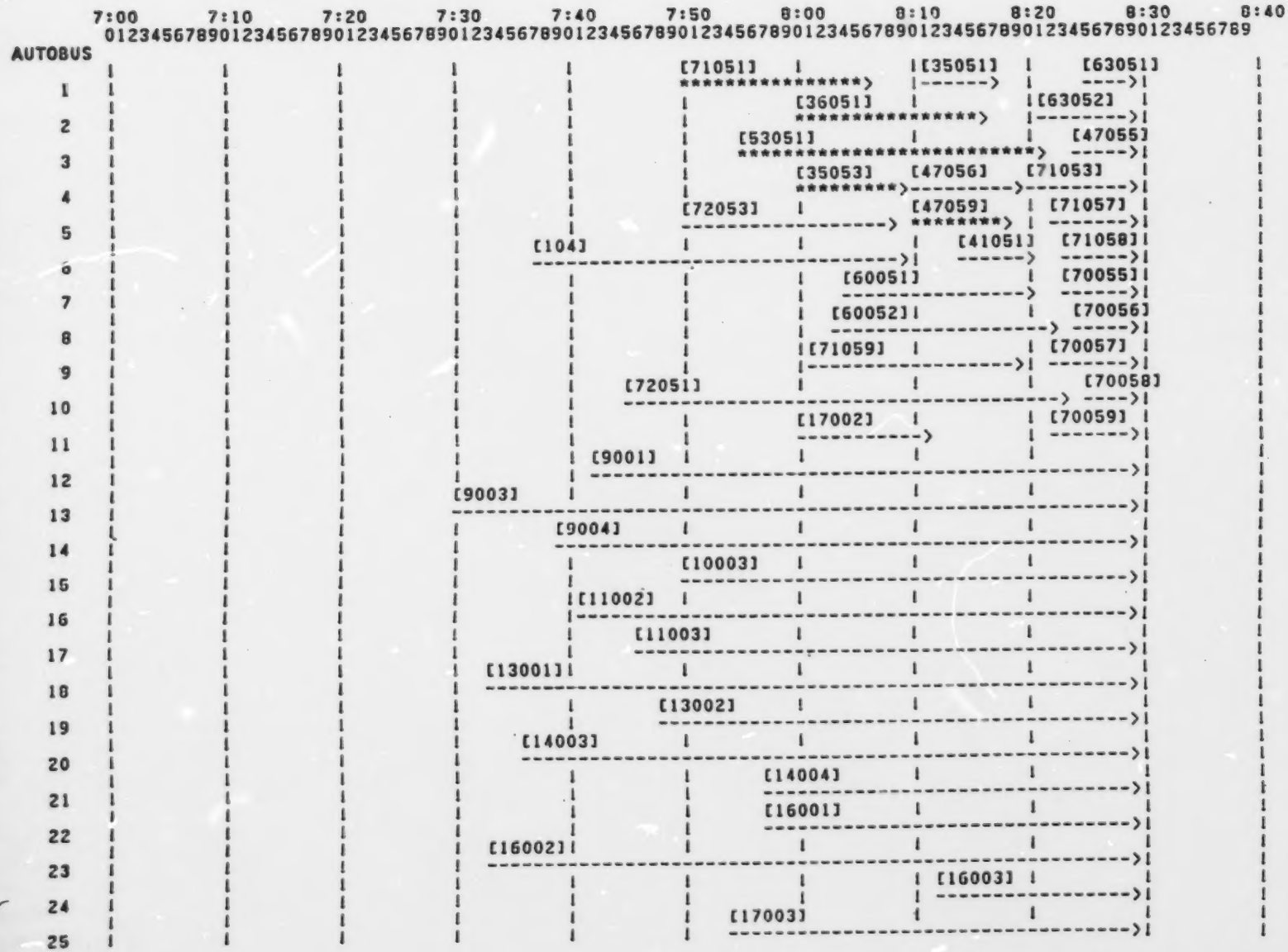

7:00 7:10 7:20 7:30 7:40 7:50 8:00 8:10 8:20 8:30 8:40
AUTOBUS
[71051] [350051] [630051]
[360051] [630052]
[530051] [470055]
[350053] [470056] [710053]
[720053] [470059] [710057]
[104] [410051] [710058]
[60051] [700055]
[60052] [700056]
[71059] [700057]
[72051] [700058]
[17002] [700059]
[9001]
[9003]
[9004]
[10003]
[11002]
[11003]
[13001]
[13002]
[14003]
[14004]
[16001]
[16002]
[16003]
[17003]
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

exhibit 5.2

6-AUTRES RAPPORTS

Toutes les informations engendrées au cours de ces différentes étapes sont recueillies et incorporées à un fichier des écoliers. En le triant de façon appropriée, des rapports différents peuvent être obtenus.

Par exemple, le rapport de sortie suivant spécifie pour chaque écolier les parcours qu'il empruntera le matin et le soir.

Voir l'exhibit 6.1

exhibit 6.1

NOM	PRENOM	CODE PERMANENT	CODE NUM.	CODE RUE	CODE SEG.	NUMERO DE BATISSE	....TRANSPORT DU MATIN.... BUS	PARCOURS->BUS PARCOURS	....TRANSPORT DU SOIR.... BUS	PARCOURS->BUS PARCOURS
ABECASIS	PATRICIA	ABEP20577004	4116	4500	6	30	42	30002	50	30002
ABEL	LIZON	ABEL25606604	4111	3102	45	28	41	28002	49	28002
ABEL	SOPHIA	ABES18626907	4111	3102	45	28	41	28002	49	28002
ADAM	SYLVIE	ADAS18566302	4135	1341	10	47	72	47053	93	47053
AGER	KAROLYN	AGEK06586609	4132	4461	5	40	110	33053	3	33053
AGER	PATRICK	AGEP17047109	4132	4461	5	40	110	33053	3	33053
ALAIN	DANY	ALAD23596709	4116	4530	35	30	42	30002	50	30002
ALAIN	RENE	ALAR12046609	4116	4530	35	30	42	30002	50	30002
ALARIE	CAROLLE	ALAC22566607	4116	4500	6	63	86	63001	67	63001
ALARIE	CHANTAL	ALAC20536902	4116	4500	6	63	86	63001	67	63001
ALDER	BERNARD	ALDB30107108	4135	1315	65	40	109	33052	2	33052
ALIE	LOUISE	ALIL07615807	4126	3507	5	37	90	47402	112	47402
ALIE	MARIO	ALIM30096104	4126	3507	5	70	72	70401	104	70401
ALIE	MARTINE	ALIM30536300	4126	3507	5	47	89	47401	111	47401
ALLAIRE	SOLANGE	ALLS24556302	4126	3507	5	47	89	47401	111	47401
ALLARD	ANNIE	ALLA08617103	4135	1031	10	61	3	53051	139	53051
ALLARD	CAROLE	ALLC20516307	4135	1152	10	47	114	47052	156	47052
ALLARD	CHANTAL	ALLC17576304	4135	1118	15	70	89	70053	137	70053
ALLARD	CLAUDE	ALLC27056306	4135	1344	10	44	5	71057	95	71057
ALLARD	DENIS	ALLD22096305	4135	1254	150	72	108	72055	121	72055
ALLARD	DIANE	ALLD07546707	4139	4134	20	17	27	17005	38	17005
ALLARD	GAETAN	ALLG14046805	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001
ALLARD	GUY	ALLG26036400	4135	1304	50	44	100	71054	94	71054
ALLARD	GUYLAINE	ALLG25566400	4135	1427	10	72	115	41052	143	41052
ALLARD	JEAN PIERRE	ALLJ20086804	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001
ALLARD	JOCELYN	ALLJ07116200	4132	4404	120	44	8	60052	153	60052
ALLARD	JOHNY	ALLJ19076606	4136	4202	10	18	29	18002	136	18002
ALLARD	LINE	ALLL19556100	4135	1254	150	70	45	70051	149	70051
ALLARD	LUCIE	ALLL06596101	4135	1118	15	70	89	70053	137	70053
ALLARD	LYNE	ALLL29556704	4135	1047	12	53	3	53051	139	53051
ALLARD	MARIO	ALLM16016406	4135	1305	75	60	5	71057	95	71057
ALLARD	MARTIAL	ALLM11056204	4135	1313	10	72	5	72053	113	72053
ALLARD	MICHEL	ALLM15036206	4135	1341	10	44	5	71057	95	71057
ALLARD	NICHEL	ALLM26046600	4132	4404	120	33	108	40051	152	40051
ALLARD	NATHALIE	ALLN09576803	4124	3215	60	16	22	16001	32	16001
ALLARD	PASCAL	ALLP06067202	4135	1418	10	56	116	56051	8	56051
ALLARD	PASCAL	ALLP29076600	4135	1167	80	34	107	34051	153	34051
ALLARD	PATRICE	ALLP12066203	4135	1344	10	44	5	71057	95	71057
ALLARD	PATRICK	ALLP27087200	4128	3323	22	22	118	14001	28	14001
ALLARD	PIERRE	ALLP15036203	4135	1341	10	44	5	71057	95	71057
ALLARD	REJEAN	ALLR27046603	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001
ALLARD	REMI	ALLR28016302	4135	1118	15	44	135	60053	154	60053
ALLARD	RICHARD	ALLR22056206	4135	1254	150	71	1	71051	135	71051
ALLARD	ROGER	ALLR26016013	4135	1203	20	44	4	71053	93	71053
ALLARD	SERGE	ALLS10126507	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001
ALLARD	STEPHANE	ALLS13117103	4135	1202	5	61	3	53051	139	53051
ALLARD	STEVE	ALLS19047203	4135	1031	15	61	3	53051	139	53051
ALLARD	SUZAN	ALLS06547109	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001
ALLARD	SYLVIE	ALLS04587001	4124	3208	5	16	23	16002	33	16002
ALLARD	SYLVIE	ALLS18596707	4126	3507	5	54	45	54001	56	54001

CONCLUSION

Cette expérience démontre qu'il est possible de construire des parcours d'autobus et de les agencer au moyen d'un système informatisé. Le temps total utilisé pour ces essais a été de 4400 secondes (une heure et quart environ) de temps d'unité centrale. Le plus gros programme a utilisé environ 50,000 mots de mémoire sur le CYBER-173 de l'Université de Montréal; il est difficile de donner l'équivalent de ces chiffres pour l'ordinateur de SIMEQ, mais nous estimons qu'environ trois-quart d'heure d'unité centrale et 150K-bytes devraient suffire à répéter les mêmes essais. Le coût de ces essais, s'il nous avait été facturé aurait été de $900 environ.

Ces résultats sont le fruit de plus de trois ans de recherches complétées par plusieurs professeurs et étudiants (doctorat et maîtrise). Le travail est loin d'être achevé car il reste encore beaucoup d'améliorations à apporter au niveau des algorithmes, au niveau de la flexibilité des entrées et des rapports de sorties et au niveau de l'adaptation de certaines composantes du système à des situations quelque peu différentes de celles que nous avons rencontrées à Drummondville.

Le but d'un tel système n'est pas de remplacer les régisseurs de transport car les solutions obtenues devront toujours être étudiées afin de les ajuster en fonction de certains cas particuliers dont le système n'avait pas tenu compte au départ. Nous croyons quand même que ce système reste un outil très valable pour aider la planification du transport scolaire. Il permet en outre d'obtenir rapidement des réponses à des questions

soulevées par des changements de politiques et constitue par le fait même un outil presqu'indispensable à la gestion d'un système de transport scolaire.

APPENDICE

ALGORITHMES DE GENERATION DE PARCOURS.

1.Milieu urbain.

Les test originaux de ces techniques ont été publiés dans [FORG78] et [DULA78b]. Nous résumons ici l'essentiel de ces méthodes.

Méthode de Clarke and Wright.

Au début, un parcours par arrêt est créé; leur nombre est diminué en les combinant deux à deux en fonction des distances qui sont ainsi sauvées. Pour parcourir les deux points "i" et "j" à partir de l'école, il est plus économique d'aller à "i", ensuite de "i" à "j" et de revenir à l'école que d'aller à "i", revenir à l'école, aller à "j" et revenir à l'école à condition que la distance entre "i" et "j" soit plus petite que l'aller à "i" et le retour de "j".

L'économie de distance ainsi réalisée est exprimée par la formule suivante:

$$s[i,j]=d[e,i]+d[e,j]-d[i,j]$$

Cette formule permet de calculer des économies de distances réalisables par la combinaison de deux parcours quelconques. Les parcours sont combinés tant que les contraintes du nombre maximum d'arrêts, de distance maximum et de capacité ne sont pas violées. Les algorithmes utilisés dans le système sont des raffinements de

cette technique de base qui permettent de tenir compte du fait que les parcours ne commencent pas à l'école mais au premier arrêt; ils ajoutent également certains paramètres qui permettent de modifier le calcul des économies de distance de façon à obtenir des parcours ayant le moins de détours possibles.

Méthode de Yellow.

Cette méthode est très semblable à celle de Clarke and Wright sauf qu'un seul parcours est construit à la fois. Initialement, il ne comprend que le segment [i,j] donnant lieu à la plus grande économie de distance calculée selon la formule exposée précédemment; de nouveaux segments sont ensuite ajoutés aux extrémités en se basant encore sur ces économies de distance comme critères de choix. Lorsqu'aucun arrêt ne peut s'ajouter au parcours, la construction d'un nouveau parcours est entreprise avec les arrêts qui restent.

Méthode d'insertion.

Cette technique construit également un parcours à la fois. Elle commence par constituer un parcours avec l'arrêt le plus éloigné de l'école qui ne fait pas encore partie d'un parcours. Le coût d'y insérer chacun des autres arrêts non encore visités entre deux arrêts quelconques du parcours est évalué en terme de distance et celui avec le coût le plus bas est inséré à condition que les constraintes de capacité demeurent satisfaites. Lorsqu'aucun arrêt ne peut s'ajouter au parcours, la construction

d'un nouveau est entreprise avec les arrêts qui restent.

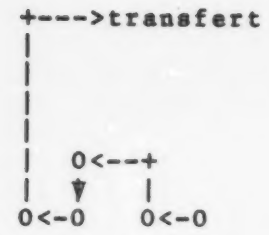
Après la détermination d'un ensemble de parcours pour desservir des arrêts, des procédures d'échanges tentent de diminuer la distance totale parcourue en échangeant des arrêts entre deux parcours ou en modifiant l'ordre de visite des différents arrêts d'un parcours.

Il est important de remarquer que ces algorithmes sont basés sur des suppositions raisonnables et donnent généralement de bons résultats. Ce ne sont pas des techniques "exactes" en ce sens qu'elles ne garantissent pas que la solution obtenue est la meilleure possible; de tels algorithmes existent et sur des exemples très réduits (un autobus pour parcourir une vingtaine d'arrêts), ils prennent déjà des temps de résolution très considérables. Nous avons donc opté pour ces méthodes heuristiques qui permettent d'engendrer rapidement plusieurs solutions parmi lesquelles le système choisit la "meilleure".

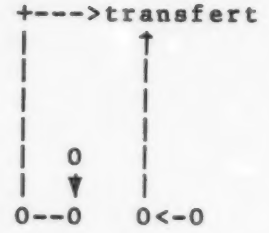
2.Milieu rural.

Les adaptations directes des techniques utilisées en milieu urbain ne sont pas sans causer certains problèmes comme l'a montré Tawagui [TAWA79]. Les principales raisons sont la faible densité de population et la longueur des segments qui obligent souvent de grands détours dans les parcours. Alors qu'en milieu urbain, il suffit de passer au coin d'un carrefour, en milieu rural, il faut possiblement passer sur tous les segments qui y mènent. Il arrive même qu'après avoir parcouru un segment, il faille revenir sur nos pas pour continuer le ramassage des autres segments; ceci n'arrive pratiquement jamais en ville puisqu'il existe souvent plusieurs chemins d'un point à un autre.

Après plusieurs essais, la méthode d'insertion s'est avérée la plus appropriée. Il s'agit essentiellement de construire un parcours à partir du segment le plus éloigné de l'école (ou point de transfert) et d'y insérer les segments qui le rallongent le moins possible. L'application directe de cette technique a tendance à construire des parcours qui minimisent la distance totale des autobus, mais qui finalement font parcourir beaucoup de kilométrage à plusieurs écoliers. Prenons par exemple le cas suivant:



est plus court en distance totale que les deux parcours suivants:



mais le premier exemple fait parcourir beaucoup de chemin à plusieurs écoliers; de toute façon dans les cas que nous avons étudiés, il fallait ajouter un deuxième véhicule une fois au point de transfert pour transporter les écoliers qui s'y rendaient à pied. C'est pourquoi nous avons introduit la notion de distance de ramassage qui est utilisée comme suit: tant que le parcours a une longueur inférieure à cette valeur, l'insertion de nouveaux segments est permise n'importe où dans le parcours; mais lorsque sa longueur y est supérieure, on ne permet l'insertion qu'à l'extrémité la plus proche de l'école. Ceci force les parcours à se diriger vers l'école sans trop de détours à partir d'un certain point; ce paramètre peut être défini par le régisseur et adapté pour chacune des régions de ramassage.

Comme nous l'avons mentionné, cet algorithme ne construit qu'un seul parcours à la fois et oublie les segments déjà ramassés dans la génération des suivants. Les premiers parcours sont généralement corrects mais les derniers sont assez tortueux car ils doivent ramasser les segments restant qui sont alors

éparpillés sur le territoire. Pour pallier à ce problème, nous avons mis au point une technique d'insertion en parallèle où tous les parcours sont construits en même temps. L'idée reste la même: on ajoute de nouveaux segments à un parcours déjà existant, mais ici à chaque étape c'est le parcours avec le moins d'étudiants qui est choisi comme candidat pour l'insertion. Les parcours sont mieux équilibrés tant au niveau du nombre d'écoliers que de la distance parcourue; tous les parcours ont maintenant bonne allure. Ces points de départs peuvent être spécifiés par le régisseur ou par le système; dans ce dernier cas, ce seront ceux qui auront été déterminés lors d'une application préliminaire de l'algorithme d'insertion standard, et le régisseur n'a pas à s'en soucier. Il est également possible de n'en spécifier que quelques uns pour laisser le système choisir les autres.

Le même algorithme est utilisé pour amener les écoliers du primaire à leur école et ceux du secondaire au point de transfert. Dans ce dernier cas, le système voit à répartir les écoliers sur les parcours se rendant ensuite directement à leur école.

ALGORITHMES POUR LA DETERMINATION DES HORAIRES D'ECOLES

Considérons que la journée est subdivisée en périodes de dix minutes et supposons, en première approximation, que chaque parcours couvre un nombre entier de périodes suffisant pour assurer son exécution. Pour simplifier la présentation nous ne considérons que le problème du transport du matin. Suivant les contraintes déjà mentionnées, chaque parcours ne doit parvenir à l'école plus de trois périodes (30 minutes) avant le début des cours et doit arriver au moins 1 période (10 minutes) avant le début des cours. Ainsi, pour la plupart des parcours, il y a trois possibilités d'exécution, ce nombre étant réduit lorsque la longueur des parcours le requiert. La figure suivante illustre les trois possibilités; un 1 vis-à-vis une période signifie que le parcours s'y exécute.

Périodes avant le début des cours	Possibilités pour le parcours		
6	1	0	0
5	1	1	0
4	1	1	1
3	0	1	1
2	0	0	1
1	0	0	0

Ainsi la deuxième possibilité pour le parcours serait qu'il s'exécute au cours des périodes 5-4-3 avant le début des cours.

Dans un premier temps, pour chaque horaire de chaque école nous voulons retenir une des possibilités pour chaque parcours de cette école avec l'objectif de réduire au minimum le nombre de parcours s'exécutant au cours de la période où le plus grand nombre de ceux-ci s'exécutent (période critique). La figure suivante illustre l'exemple d'une école comportant trois parcours

dont les cours débutent à 8:50. L'heure indique le début de la période en question.

	Possibilités pour les parcours									V[e,h]
	Ecole 1			Ecole 2			Ecole 3			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
7:50	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
8:00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	2
8:10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	2
8:20	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
8:30	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
8:40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En retenant la troisième possibilité pour les deux premiers parcours et la première pour le dernier, nous retrouvons le vecteur V[e,h] dont les composantes représentent le nombre de parcours simultanés au différentes périodes. V[e,h] est identifié comme étant le vecteur d'utilisation associé à l'horaire "h" de l'école "e".

Par la suite nous considérons le problème de déterminer le choix d'horaire de chaque école avec l'objectif de réduire au minimum le nombre de parcours s'exécutant au cours de la période où le plus grand nombre de ceux-ci s'exécutent. L'objectif retenu reflète le désir de réduire le nombre d'autobus nécessaires pour assurer le transport. Ce problème a la même structure que le précédent; les vecteurs colonnes de 0 et 1 spécifiant chacune des possibilités de parcours sont remplacés par les vecteurs d'utilisation associés aux différents horaires. La figure suivante illustre l'exemple de 3 écoles comportant chacune trois possibilités différentes d'horaires.

	ECOLES								
	1			2			3		
	horaires			horaires			horaires		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	v[1,1]	.	.	v[2,1]	.	.	v[3,1]	.	.
.	.	v[1,2]	.	.	v[2,2]	.	.	v[3,2]	.
.	.	.	v[1,3]	.	.	v[2,3]	.	.	v[3,3]
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8:40	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8:50	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9:00	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Après avoir déterminé un horaire pour chaque école, le problème pour chaque horaire de chaque école est résolu de nouveau mais cette fois en tenant compte des vecteurs d'utilisation des autres écoles fixées aux horaires déterminés précédemment. Ceci a pour but de modifier les possibilités de parcours retenues lorsque l'utilisation par les autres écoles est trop élevée à certaines périodes.

Le problème de la détermination des horaires est ensuite repris avec ces nouveaux vecteurs d'utilisation. L'alternance entre les problèmes se poursuit jusqu'à ce qu'aucune amélioration de l'objectif ne soit possible.

La méthode de solution est la même pour tous les problèmes puisque leur structure est identique. En effet, chacun d'eux se résume comme suit: pour chaque ensemble (école ou parcours), exactement un élément (horaire ou possiblité) doit être retenu avec l'objectif de réduire au minimum l'utilisation maximale sur toutes les périodes. La procédure est une heuristique balayant successivement chaque ensemble pour évaluer l'utilisation à chaque période associée à chacun des éléments en supposant que le choix de l'élément de chacun des autres ensembles est fixé. L'élément réduisant au minimum l'utilisation maximale sur toutes les périodes est retenu. Le balayage se poursuit tant qu'il est

possible d'améliorer l'objectif. La procédure est répétée un certain nombre de fois avec des solutions de départ différentes.

L'inconvénient majeur de l'objectif dans les problèmes précédents est de négliger le temps nécessaire à un autobus exécutant deux parcours successifs pour se rendre du dernier point du premier parcours au premier point du second. Dans le but de pallier à cette difficulté, l'objectif du problème pour fixer l'horaire des écoles a été modifié. Pour chaque couple d'écoles voisines "i" et "j", nous déterminons un estimé du nombre de leurs parcours qui peuvent s'effectuer successivement pour les divers horaires possibles. L'objectif devient donc de maximiser les possibilités de jumelage de parcours tout en réduisant au minimum le nombre de parcours s'exécutant au cours de la période critique. Nous prenons donc une pondération de ces deux objectifs. La même approche de solution est utilisée.

Rappelons que pour simplifier la présentation nous n'avons considéré que le problème du matin. Pour résoudre le problème complet, il suffit de considérer que chaque parcours du matin amenant les écoliers à l'école doit s'exécuter dans le sens contraire le soir pour les ramener à la maison; il faut considérer maintenant pour chaque parcours toutes les combinaisons de possibilités d'horaire pour le matin et pour le soir. Le problème est alors identique au précédent quoique comportant beaucoup plus de contraintes et de variables.

Ce module détermine donc l'horaire de chaque école et une position approximative dans le temps pour chacun des parcours puisque les périodes au cours desquelles s'exécute chacun de ceux-ci sont spécifiées.

ALGORITHME DE CONFECTION DES HORAIRES D'AUTOBUS

Ce module spécifie le moment exact où les parcours s'exécutent dans le but de minimiser le nombre total d'autobus requis et en tirant avantage de la flexibilité à l'intérieur des périodes couvertes par chacun d'eux. Pour y arriver, nous formons des chaînes de parcours où ceux-ci s'exécutent successivement les uns après les autres. Chacune de ces chaînes de parcours constitue le circuit et l'horaire d'un autobus. L'objectif est donc de réduire au minimum le nombre total de chaînes de parcours.

La méthode de solution utilise également une méthode heuristique. Nous l'illustrons avec le problème du matin, celui de l'après-midi étant similaire. Nous considérons l'ensemble des parcours qui sont les derniers à s'exécuter, "derniers" dans le sens qu'ils se terminent trop tard pour permettre aux autobus de se libérer à temps pour d'autres parcours. Nous dénotons cet ensemble "D" et supposons que ces parcours s'exécutent le plus tard possible à l'intérieur de leur périodes. Nous éliminons ces parcours et déterminons l'ensemble des parcours qui deviennent alors les "derniers". Cet ensemble est dénoté "AD". Nous supposons que ces parcours s'exécutent le plus tôt possible à l'intérieur de leurs périodes. Il faut alors maximiser le jumelage entre les éléments des ensembles "D" et "AD". Ce problème est formulé comme un problème de transport; c'est un problème classique en recherche opérationnelle qui permet de déterminer la façon optimale (c'est-à-dire à coût minimum) de transporter un ensemble de marchandises de plusieurs sources à plusieurs destinations connaissant le coût de transport entre chaque source et destination, la demande à chaque destination et

la disponibilité à chaque source. Ici, chacun des parcours de "AD" constitue un point source avec une disponibilité de une unité et chacun des parcours de "D" constitue un point destination avec une demande de une unité. Pour déterminer le coût de transport entre chaque paire origine-destination, nous évaluons le différence de temps entre le moment du départ du parcours destination et le moment d'arrivée du parcours source, et nous calculons la différence entre cette quantité et le temps inter-parcours pour aller du dernier point du parcours source au premier point du parcours destination. Si cette dernière valeur est positive, alors le temps inter-parcours est égal au coût de transport sinon ce dernier prend une valeur "infinie". Nous ajoutons une source bidon reliée à tous les points destination avec un coût de transport égal à zéro et une destination bidon reliée à tous les points source avec un coût égal à une valeur très grande puisque si dans la solution optimale du problème une source est reliée à la destination bidon, ceci signifie que le parcours associé est le dernier d'une chaîne requérant ainsi un nouvel autobus. Par contre, si dans la solution optimale une destination est reliée à la source bidon, alors le parcours correspondant est introduit dans l'ensemble "AD". Le problème de transport est alors résolu, et la solution optimale indique les paires de parcours qui s'exécutent successivement. Ensuite, nous procédons à une nouvelle itération en remplaçant l'ensemble "D" par "AD", en déterminant un nouvel ensemble "AD", et en solutionnant un nouveau problème de transport. Le processus s'arrête lorsqu'il ne reste plus de parcours pour former un nouvel ensemble "AD".

Chaque chaîne de parcours est constituée de la suite de ceux qui sont reliés successivement d'une itération à l'autre. Les chaînes correspondent aux circuits et aux horaires des autobus.